Morphologische und physiologische Embryologie von Tectona grandis Linn. f. (Djati- oder Teak-Baum).

Von

S. H. Koorders.

Mit Tafel IV—X.

Einleitung.

Wenige im malaiischen Archipel heimische Bäume sind nach Namen und Aussehen so allgemein bekannt und so oft untersucht und beschrieben worden, als der Djati- oder Teak-Baum.

Vor ungefähr 10 Jahren erschien über die »Natur, Verbreitung, Geschichte und Ausbeutung der Djatiwälder auf Java« eine ausführliche Monographie vom damaligen Inspector beim Forstwesen in Niederländisch Indien, J. W. H. Cordes, worin alles zusammengestellt wurde, was bis dahin in und außerhalb Javas über *Tectona grandis* bekannt geworden war, während bald darauf vom gegenwärtigen Inspecteur Buurman van Vreeden eine »Handleitung für die Djaticultur« folgte. Spätere Werke behandeln beinahe ausschließlich nur die Ausbeutung der Djatiwälder.

Weitere eingehende Studien über die botanischen und technischen Eigenschaften dieses Baumes wurden, soweit mir bekannt, nicht gemacht, — jedenfalls nicht veröffentlicht.

Nicht ohne Interesse erschien es mir daher, über meine ausführlichen Beobachtungen betreffend den Entwickelungsprocess des Djatikeimes Näheres mitzuteilen, umsomehr, weil über die Embryologie von *Tectona grandis* und die verschiedenen sehr merkwürdigen Vorgänge, welche ich bei dem reifenden *Tectona*-Samen entdeckte, nichts bekannt ist.

In der oben erwähnten Monographie von Cordes findet man nämlich nur eine kurze Beschreibung des Blütenbaues, der reifen Frucht und des reifen Samens.

Auch in anderen botanischen Werken, wie: Miquel, Flora Ind. Batavae; Brandis, Forest Flora of N. W. and Central India; Kurz, Forest Flora of British Burma u. s. w., in welchen mehr oder weniger ausführlich

über den Djati gesprochen wird, ist etwas Näheres über die Keimentwickelung dieses Baumes nicht enthalten.

Das Material für meine Untersuchungen stammt von einigen Djatibäumen, welche teils im Königl. Botan. Garten zu Buitenzorg, teils außerhalb desselben von mir aufgesucht wurden.

Bekanntlich blüht der Djatibaum, dessen eigentliche Blütezeit im Januar zu sein pflegt, ungefähr von October bis März.

Obwohl meine Beobachtungen größtenteils in den Monaten October und November erfolgten, und es mir dieserhalb nicht leicht fiel, mir eine genügende Menge frischer Blüten und Früchte zu verschaffen, gelang es mir dennoch.

Ein großes Hindernis bei diesen Untersuchungen — speciell wo es galt, ältere Embryonen zu erhalten —, war die außergewöhnliche Härte, welche die innere Fruchtwand sehr schnell annimmt.

Dies nötigte mich oft, eine große Menge Djatifrüchte zu zerstampfen, um ein einziges unbeschädigtes Samenkörnchen zu bekommen.

Eine weitere Schwierigkeit bereitete der Umstand, dass für einige mikrochemische Experimente kein anderes als frisches (lebendes) Material benutzt werden konnte.

Litteratur.

Die Litteratur über Embryologie von tropischen Pflanzen im allgemeinen und von den *Angiospermae* im besonderen ist verhältnismäßig noch spärlich, obschon durch die Untersuchungen von Griffith [1]), Treub [2]), Haberlandt [3]), Karsten [4]), Schimper [5]), Warming [6]) u. a. deutlich dargethan ist, welch großer Erfolg von botanischen Studien dieser Richtung erwartet werden darf.

Von den ungefähr 700 Arten zählenden, ganz besonders in den Tropen häufig vorkommenden *Verbenaceae* wurde, soweit mir bekannt, bisher nur eine einzige tropische Species, nämlich *Avicennia* embryologisch untersucht; über den Keimentwickelungsprocess von *Tectona grandis* ist bis heute nichts bekannt.

Treub [7]) hat zuerst durch seine gründlichen Studien über die Embryologie der Orchidaceen die Aufmerksamkeit auf diesen interessanten Teil des embryologischen Studiums hingelenkt. — Er bewies, dass allein

---

1) Griffith in Transact. Linn. Soc. vol. XX.

2) Treub, M., in Ann. du Jardin botan. de Buitenzorg II, III, IV.

3) Haberlandt in Ann. du Jardin botan. de Buitenzorg XII. p. 91.

4) Karsten, G., in Bibliotheca botanica 1891; Heft 22.

5) Schimper, Die Indo-malaiische Strandflora 1891. p. 42.

6) Warming in Engler's Jahrb. IV. 1883.

7) Notes sur l'embryogénie de quelques Orchidées, A1s.9.8m17

von der durch ihn zuerst hier gewählten mikrochemischen Methode eine befriedigende Antwort auf die vielen Fragen erwartet werden konnte, welche an uns durch die oft sehr merkwürdigen Abweichungen beim Ernährungsprocesse des Keimes im reifenden Samen gestellt werden.

Auf mikrochemischem Wege gelang es ihm, betreffs einiger Nahrungsstoffe, z. B. Fettöl, Stärke und Glykose, zu beobachten, auf welchem Wege diese durch den wachsenden Keim aufgenommen werden. — Er war dadurch im Stande, den biologischen und physiologischen Wert des Embryoträgers bei vielen Orchideen und ganz besonders der eigentümlichen und weitgehenden physiologischen Abweichungen der Embryonen von *Orchis*, *Herminium*, *Plathanthera*, *Serapias*, *Anacamptis*[1]) und *Peristylus*[2]) darzuthun.

Es zeigte sich, dass bei den untersuchten Orchideen, welche eine Abweichung in Keimkugel und Keimträger besaßen, »der größte Teil der Reservestoffe, welche der vollständig entwickelte, alte Embryo enthält, demselben zugeführt wurde durch den Embryoträger, wobei dieses Organ sich gegenüber dem umliegenden Eigewebe, der Nabelschnur und der Placenta ebenso verhält, wie das Saugorgan eines Schmarotzers gegenüber der Mutterpflanze[3]).

Guignard[4]) war der zweite — und bis heute der letzte[5]), — der auf mikrochemischem Wege den sehr complicierten Process der Keimernährung, und zwar bei den Leguminosen, untersuchte. In seiner interessanten Abhandlung über die vergleichende »Embryogénie des Légumineuses«[4]) sind die Resultate dieser Beobachtungen niedergelegt. Er kam hierbei zu dem folgenden allgemeinen Endurteil: »Es giebt Fälle, worin der Keimträger — welches Organ jedoch zuweilen gänzlich fehlt oder rudimentär bleibt und keinen physiologischen Wert für den Keim besitzt — mehr oder weniger abweicht, um zur Ernährung des jungen, sich entwickelnden Keimes beizutragen.

Nur die beiden genannten Forscher verfolgten die mikrochemische Methode; andere, wie Dickson, Tulasne, Schacht u. a. vor diesen suchten auf einem mehr oder weniger speculativen Wege zu einer Erklärung der Keimernährung im reifenden Samen zu kommen.

Schon in früherer Zeit, als die embryologischen Kenntnisse noch äußerst gering waren und man überall nach Übereinstimmung zwischen

---

1) Treub, Embr. Orchid.

2) Ann. Jard. bot. Buitenzorg. vol. III. p. 76—79.

3) Treub, Embr. p. 18.

4) Ann. Sc. nat. (1882). 6. sér. tome XII. p. 1—168.

5) Es ist hier natürlich nur von dem Keimernährungsprocess im reifenden Samen die Rede.

Pflanze und Tier suchte, hatte bereits TREVIRANUS[1]) (1816) sich gefragt, ob der Embryoträger bei den Pflanzen nicht ebenso gut zur Ernährung des Keimes beitragen könnte, wie dies bei höheren Tiergattungen der Fall ist.

Nach allem, was uns der gegenwärtige Standpunkt der Entwickelungsgeschichte aller lebenden Wesen lehrt, liegt es auf der Hand, dass die Möglichkeit, physiologische Variationen in der Ernährung des Embryos anzutreffen, am größten bei den am höchsten entwickelten Pflanzen sein muss, also bei den angiospermen Siphonogamen, und dass dabei drei verschiedene Fälle auftreten können, nämlich:

1. Der Keim nimmt selbst keine Nährstoffe durch seine äußere Wand auf, sondern diese werden ihm durch den Keimträger zugeführt, so z. B. bei vielen Orchideen.
2. Die Aufnahme der Nährstoffe geschieht durch Keim und Keimträger gemeinsam, entweder durch beide zugleich oder nach einander; mit Sicherheit sind hierfür noch keine Beispiele bekannt, vielleicht ist es bei einigen Leguminosen der Fall.
3. Die Ernährung des Keimes geschieht ausschließlich durch diesen selbst, und die Nährstoffe werden vom Embryo durch die ganze äußere Wand oder einen Teil derselben aufgenommen; dies kommt wahrscheinlich bei Embryonen ohne Embryoträger vor.

TREUB[2]) und GUIGNARD[3]) haben übrigens diese beiden Möglichkeiten vorausgesehen. — Sie warnten beide in ihren Abhandlungen über die Physiologie des Keimes ausdrücklich vor einem unbegründeten Generalisieren, wie dies besonders in der morphologischen Embryologie von HANSTEIN geschehen war.

Zur Vermeidung jeden Missverständnisses und um eine bessere Vorstellung von dem Folgenden zu geben, hielt ich es für nötig, auf Obenstehendes hinzuweisen, und ich kehre jetzt zu TREVIRANUS zurück, um eine möglichst genaue Übersicht von allem zu geben, was bisher auf dem Gebiete der physiologischen Embryologie geleistet wurde.

Zu diesem Zwecke werde ich mich der hierauf bezüglichen kritischen Übersicht in den »Notes sur l'embryogénie de quelques Orchidées« von TREUB[4]) bedienen.

Zuweilen werde ich diese ergänzen, teils nach der »Embryogénie des Légumineuses« von GUIGNARD[5]) (1882), teils durch einige Details, welche ich selbst der übrigen hierauf bezüglichen Litteratur und einzelnen nach

1) TREVIRANUS, Von der Entwickelung des Embryo, Berlin 1816.

2) Embr. Orch. l. c. p. 5 »ces cas existent réellement ....«

3) Embr. Légum. l. c. p. 151 »on reconnaît la vérité de cette loi physiologique que le même but peutêtre atteint par des voies différentes....«

4) TREUB l. c. p. 5—7.

5) GUIGNARD l. c. p. 10—11 und weiter.

1882 publicierten Untersuchungen über die physiologische Embryologie entnahm.

Treviranus also war der erste, welcher die Möglichkeit erkannte, dass der Keimträger zur Anfuhr der Nahrungsstoffe nach dem Keime dienen könne. Am Schlusse seiner Betrachtungen kommt er jedoch zu der Überzeugung, dass der Faden, an welchem der Embryo befestigt ist, also der Embryoträger, wegen seiner Dünnheit nicht imstande sein könne, dem Keime eine genügende Menge Nahrungsstoffe zuzuführen, und dass deshalb wahrscheinlich der Keim an seiner ganzen Oberfläche, vornehmlich durch die Kotyledonen, seine Nahrung aufnehme.

Malpighi dagegen behauptete das Gegenteil.

Endlicher und Unger[1]) sprachen die Meinung aus, dass die »chorda embryonalis« (der Keimträger) der »cellula embryonalis« (Keim) während der Entwickelung die erforderlichen Nährstoffe zuführe.

Meyen[2]) äußert sich hierüber in seinem »Neuen System der Pflanzenphysiologie« folgendermaßen: »Ich glaube annehmen zu müssen, dass der Keimträger ausschließlich zur Befestigung des Keimes dient; wo dagegen der Keimträger außergewöhnlich stark entwickelt ist, z. B. bei *Capsella*, *Alsine* u. s. w., kommt es mir vor, als ob der Keimträger auch Nährstoffe absorbiere, welche dem Keime zu gute kommen«.

Schacht[3]) sagt in einem Artikel über die Embryologie von *Tropaeolum majus*: »Bei *Tropaeolum* und bei einigen Orchideen erfolgt ein Hervorwachsen des Embryoträgers aus der Samenknospe. Man kann nun annehmen, dass diese Verlängerungen des Embryoträgers dazu dienen, um der Keimanlage noch von außerhalb der Samenknospe her Nahrung zu verschaffen, sowie vielleicht die gleichfalls aus der Samenknospe hervorbrechenden zellenleeren Aussackungen des Keimsackes einiger Rhinanthaceen und Labiaten dazu dienen mögen, um dem Sameneiweiß von außen her Nährstoffe mitzuteilen. Nun senden aber nicht alle Orchideen eine Verlängerung ihres Embryoträgers als sogenannten Zellenstiel aus der Samenknospe hervor; den Gattungen *Ophrys* und *Epipactis* fehlt derselbe. Der Zweck einer solchen Verlängerung oder richtiger die Bedeutung derselben für den Keim selbst, bleibt deshalb zweifelhaft.«

Erst 20 Jahre später wurde die Frage über die Keimernährung wieder aufgeworfen und zwar durch Dickson, welcher zu seinen embryologischen Studien drei *Tropaeolum*-Arten wählte. Dieser Forscher teilt die Ansicht von Schacht und ist ebenfalls davon überzeugt, dass »die wurzelförmigen Auswüchse (»rootlike processes«) des Keimträgers sehr wahrscheinlich dazu dienen, dem Keime von anderer Seite, nämlich aus der ‚Placenta' und der Ovariumwand, Nährstoffe zu übermitteln«.

1) Endlicher und Unger, Grundzüge der Botanik. Wien 1843. p. 297.

2) Meyen l. c. Bd. III. (1839.) p. 331.

3) Botan. Zeitung 1855. 14. Sept., p. 646—647.

Doch ebensowenig als seine Vorgänger auf diesem Gebiete befolgte er in dieser Beziehung eine sichere Methode, nämlich die mikrochemische, und kam darum wie diese zu keinem bestimmten Resultate.

Hierauf folgten 1879 die »Notes sur l'embryogénie de quelques Orchidées« von TREUB, und mit diesen trat, wie wir bereits oben sahen, die physiologische Embryologie in eine neue Phase ein.

1881 erschien weiter die sehr interessante »Embryogénie des Légumineuses« von GUIGNARD.

1885 äußerte sich HEGELMAIER[1]) folgendermaßen über die Auswüchse des Keimträgers bei *Tropaeolum majus*:

Nur einem dieser Auswüchse, nämlich demjenigen, welcher durch DICKSON als »placentary root« bezeichnet wird, könne die Eigenschaft zugeschrieben werden, Nahrung aufzunehmen. — Die Zellen der Placenta, in welche die »placentary root« eindringt, enthalten Stärke; weil aber diese selbst keine Stärke aufweist, »müsste man annehmen, dass dieser Bestandteil nicht als Stärke absorbiert, sondern erst in einer auflösbaren Form produciert würde« . . . »aber ich habe versäumt«, so lässt HEGELMAIER hierauf folgen, »mich durch mikrochemische Reactionen hiervon zu überzeugen«.

Seitdem lieferten allein TREUB, SCHIMPER, KARSTEN, WARMING und HABERLANDT[2]) für tropische Pflanzen einige Beiträge zur Physiologie des Keimes. Von diesen Pflanzen soll nur die Verbenacee: *Avicennia officinalis* L. kurz erwähnt werden. Bei *Avicennia* keimen bekanntlich die Samen, während dieselben noch am Baume hängen, wie dies bei den Rhizophoren der Fall ist. Bei *Avicennia* nun fand TREUB eine sehr merkwürdige Abweichung des Endosperms, welche eine einfachere Ernährung des Keimes bezweckt. Eine der Endospermzellen wächst hier nämlich zu einer vielfach verzweigten Röhre aus, die vielkernig, aber einzellig ist und viel Übereinstimmung mit dem Mycel eines Pilzes zeigt. — Diese Endospermzelle, Kotyloïde benannt, durchbohrt die Keimsackwand und saugt nicht allein die Gewebe der Samenanlagen aus, sondern nimmt auch aus der Placenta Nährstoffe auf. — Diese letzteren nun kommen sowohl den übrigen Zellen des Endospermes, als auch dadurch dem Embryo zugute. — Auf diese und noch andere besondere Eigenschaften von *Avicennia* werde ich später bei der Behandlung des Djatikeimes noch zurückkommen.

---

1) HEGELMAIER, Vergl. Unters. p. 162—163.

2) Vergl. die Litteratur auf S. 459.

Die Keimentwickelung von Tectona grandis.

§ 1. Entstehung und Bau der Samenanlage, des Embryosackes und des Embryos.

Wenn wir eine sehr junge Blütenknospe des Djatibaumes der Länge nach und quer durchschneiden, so sehen wir, dass wir es hier mit einer axillären Placenta zu thun haben, welche nur scheinbar central ist (Fig. 28, 29, 30) und beinahe immer 4 und nur sehr selten 5 Samenanlagen enthält.

Untersuchen wir nun ein sehr jugendliches Ovulum bei stärkerer Vergrößerung im Längsschnitt, so bemerken wir, dass dasselbe aus einem sichelförmigen Nucellus mit großem Keimsacke und einem dicken Integument besteht (Fig. 34, 35, 41, 38).

Weiter finden wir, durch Verfolgung aller Entwickelungsstadien, dass der Keimsack aus einer subepidermalen Zelle des Nucellus entsteht, aus der sogen. Keimsackmutterzelle.

Wir sehen ferner, dass diese durch eine dicke horizontale Wand in zwei Hälften geteilt ist, deren unterste wiederum aus 3 oder 4 durch horizontale oder ± schräge Querwände getrennten Abteilungen besteht (Fig. 35, 38, 41, 45).

Die unterste nun von diesen Abteilungan resp. Zellen wird nach und nach größer, verdrängt endlich alle übrigen »Tochterzellen« und erhält jetzt den Namen Keimsack oder Embryosack. Von den Tochterzellen ist, nachdem dieselben verdrängt wurden, nichts mehr wahrzunehmen.

Bald darauf fand ich stets viele große Tropfen Fettöl im Embryosack (Fig. 37). Auch Guignard beobachtete in einigen noch jungen Keimsäcken viel Öl und nimmt an, dass diese Ansammlung von Öl wahrscheinlich dazu dient, die bald darauf im Embryosack zu beobachtenden Vorgänge, nämlich Entstehen von Eiapparat, Antipoden u. s. w. zu unterstützen.

Diese Ansicht kommt mir in jeder Hinsicht annehmbar vor. — Stärke traf ich nie in der Embryosackmutterzelle an, ebensowenig im völlig entwickelten Embryosacke. Guignard [1]) fand diesen Bestandteil im ausgewachsenen Keimsack von *Arachis hypogaea* (vor der Befruchtung) und in der Embryosackmutterzelle (vor der ersten Teilung).

Nach meiner Meinung entsteht der Keimsack bei *Tectona* auf dieselbe Weise wie bei den meisten Angiospermen aus der untersten Zelle des Zellencomplexes [2]).

Der »Nucellus« wird sehr bald gänzlich resorbiert und besteht dann die Samenanlage nur noch aus dem Keimsacke und dem Integument.

---

1) Embr. Légum. l. c. p. 120 u. w.

2) Vergl. die Untersuchungen von Treub und Mellink, veröffentlicht in Arch. Néerl. T. XV.

Der Keimsack ist also unmittelbar von dem einzigen, sehr dicken Integument umgeben (Fig. 20).

Ich bringe hier in Erinnerung, dass durch TREUB[1]) bei der mit *Tectona* nahe verwandten *Avicennia* gleichfalls das baldige Verdrängen des Nucellus wahrgenommen und auch hier nur ein Integument angetroffen wurde, und dass eine übereinstimmende Art der Entwickelung und des Baues der Samenanlage von den mit den Verbenaceen verwandten Scrophulariaceen, Labiaten u. a. schon früher bekannt war. — Ich bemerke hier noch, dass das ganze erste Entwickelungsstadium des *Tectona*-Ovulum mir sehr viel Übereinstimmung mit dem von *Avicennia* zu haben scheint.

Auch verdient erwähnt zu werden, dass die Form der geteilten Keimsackmutterzelle sehr ähnlich ist einer von JÖNSSON[2]) gegebenen Abbildung von *Verbena*. Ebenso erinnern Form und Bau des jungen *Tectona*-Ovulum an eine von TULASNE[3]) von *Veronica* verfertigte Zeichnung.

Die hier oben beschriebenen und in Fig. 14—16, 18, 19, 21 und 22 abgebildeten Entwickelungsstadien beziehen sich alle auf junge Blütenknospen.

Wenn wir nun die Samenanlagen aus alten Blütenknospen oder soeben geöffneten Blüten untersuchen, so sehen wir, dass sich am oberen Ende des Keimsackes ein zumeist normaler Eiapparat befindet (Fig. 23, 24, 26—28).

Zuweilen fand ich nur eine Synergide vor (Fig. 24). Es ist mir jedoch nie gelungen, die Antipoden mit voller Sicherheit zu beobachten.

Ich will daraus noch nicht schließen, dass dieselben hier fehlen. Bemerkenswert ist es aber, dass auch HOFMEISTER[4]) bei einigen der von ihm untersuchten Labiaten entweder nur eine der Antipoden vorfand, oder aber constatierte, dass dieselben gänzlich fehlten. Dagegen ist bekannt, dass JÖNSSON[5]) bei *Verbena* 3 Antipoden beobachtete, und dass auch von HOFMEISTER[6]) bei der Scrophulariacee *Hebenstreitia dentata* zuweilen 3 Antipoden angetroffen wurden. Bei *Lamium* fand HOFMEISTER[7]) nur eine Synergide, wie bei *Tectona*.

Der primäre Endospermkern ist bei *Tectona* sehr schwer wahrzunehmen.

Untersuchen wir jetzt die Samenanlage[8]) einer befruchteten Blüte.

---

1) Ann. Jard. Bot. Buit. vol. III. p. 81.

2) Om embryosäckens utveckl. angiosp. Fig. 42—47. tab. I. (Lunds. Univ. Aerskr. Tom. XVI).

3) Ann. sc. nat. (1849). Sér. IV. Tome XII. Fig. 13 und 14. Tab. III.

4) Abh. Kgl. Sächs. Ges. Wiss. (1859). Bd. VI. p. 626.

5) l. c. p. 15, 6. Zeile von unten und Tab. I. Fig. 47.

6) l. c. p. 630.

7) l. c. p. 626.

8) Für die verschiedenen Bezeichnungen benutzte ich: OUDEMANS und DE VRIES, «Leerboek der plantkunde«. Ich bin davon nur bezüglich des Ausdruckes »Proëmbryo«

Dass die Befruchtung geschehen, ersehen wir aus dem Verwelken der Blumenkrone und Vertrocknen des Griffels. Längendurchschnitte solcher eben befruchteter Ovula zeigen, dass die Eizelle ohne vorherige Teilung in einen feinen Schlauch umgewandelt ist, welcher sich eine geraume Zeit hindurch verlängert, ohne eine einzelne Zwischenabteilung zu bilden. — Die ursprünglich halbkugelförmige Eizelle ist also hier zu einem langen fadenförmigen und einzelligen Proëmbryo geworden. — Zugleich bemerken wir, dass die »Gehülfinnen« ein gelbliches, gallertartiges und darnach mehr oder weniger runzeliges Aussehen bekommen haben, während in anderen Stadien von den Synergiden keine Spur mehr zu entdecken ist (Fig. 26, 30—39). Den Pollenschlauch, welcher gegen den oberen Teil des Keimsackes lehnt, können wir an seiner mehr oder weniger glänzenden gelblichen Beschaffenheit leicht von dem ihn umgebenden integumentären Gewebe unterscheiden (Fig. 26 und 31).

Ich habe eine große Anzahl dieser embryonalen Eizellenschläuche untersucht und stets gefunden, dass dieselben trotz ihrer enormen Längenentwickelung einzellig geblieben waren, und dass nur ein Zellkern darin zu bemerken war (Fig. 31—38). Nur einmal fand ich zwei Zellkerne und zwar in einem Proëmbryo, der bereits eine bedeutende Länge erreicht hatte. Darum bin ich der Meinung, dass wir in diesem speciellen Falle es mit der ersten proëmbryonalen Zellkernteilung zu thun hatten, welche der ersten Querwand vorausgeht (Fig. 39).

Dieser fadenförmige einzellige Proëmbryo ist nicht leicht zu unterscheiden. — Einigermaßen schwer darf es selbst genannt werden, denselben vollständig bis zum Anfange zu verfolgen. — Doch ist mir dies einige Male in besonders gelungenen Präparaten, — zweimal selbst bei Keimen, die bereits das Kugelstadium erreicht hatten, — geglückt (Fig. 54).

Während dieses Zeitraumes hat sich der Keimsack mit einem sehr weitzelligen, durchscheinenden Gewebe, dem Endosperm, gefüllt. Sehr bald kann man darin den Anfang der Entstehung der zwei Endospermarten

---

abgewichen. Diesem Worte gebe ich dieselbe Bedeutung, wie Treub in seiner »Embr. Orch. Sep. p. 4« (Anm.). Die befruchtete Eizelle verwandelt sich demnach in den Proëmbryo; aus diesem entwickelt sich nachher der Keim (Embryo) und Keimträger (Embryoträger). Ich höre erst dann auf von einem Proëmbryo zu sprechen, wenn eine deutlich sichtbare Embryokugel vorhanden ist; erst dann also gebrauche ich die Ausdrücke Keim und Keimträger. Den Namen Keim gebe ich nur dem »Keim im engeren Sinne« (embryon proprement dit). Die Grenze zwischen Keim und Keimträger ist bei *Tectona* in älteren Stadien deutlicher als bei jüngeren. Vor der Befruchtung wird hier von »Ovarium« und »Ovulum«, nach der Befruchtung wie gewöhnlich von »junger Frucht« und »reifendem Samen« oder »befruchtetem Ovulum« gesprochen; von »reifer Frucht« und »reifem Samen« erst dann, wenn der Keim völlig ausgewachsen ist. Ich berühre diese allgemein bekannten Punkte nur, damit der Leser beurteilen kann, welcher Wert von mir auf die verschiedenen, in dieser Abhandlung vorkommenden Ausdrücke gelegt wird.

sehen, welche für ältere Stadien bei *Tectona* so kennzeichnend sind. Gerade dieses Gewebe erschwert hauptsächlich die Beobachtung des Proëmbryo. Nur das unterste Ende desselben nämlich hebt sich durch seine dunklere Nuance von dem durchscheinenden Hintergrunde ab. Diese dunklere Färbung des untersten Teiles vom Proëmbryo wird erzeugt durch die große Menge des darin befindlichen dunkelgrauen fadenförmigen Protoplasmas. Die Durchsichtigkeit des oberen Endes entsteht durch die außergewöhnliche Feinheit der Zellwand.

Erwähnen möchte ich hier, dass durch Tulasne[1]) auf die besondere Feinheit des »suspenseur« bei *Dracocephalum* und die hierdurch entstehende Schwierigkeit hingewiesen wird, denselben bis zum Eintrittspunkte zu verfolgen, und dass auch Treub[2]) von der mit *Tectona* noch näher verwandten *Avicennia* dasselbe berichtet.

Zur Erläuterung diene hier noch, dass sowohl bei Tulasne als bei mir von demselben Teile des »Proëmbryo« gesprochen wird, da, wie wir später sehen werden, dieses oberste Ende des »Proëmbryo« von *Tectona* sich später zur obersten Zelle des Keimträgers entwickelt (suspenseur).

Einige Aufmerksamkeit auch verdient es nach meiner Meinung, dass durch Hofmeister[3]) derartige sehr eigentümliche fadenförmige Proëmbryonen gefunden wurden bei einer Anzahl von Pflanzen, welche zu den Tubifloren gehören.

Aus Fig. 31 und 32 ersieht man, dass der »Proëmbryo« zuweilen mehr oder weniger seitwärts vom Scheitel des Keimsackes in diesen eindringt.

Sobald nun bei *Tectona* der fadenförmige (einzellige) Proëmbryo bis ungefähr $^2/_3$ der Keimsacklänge vorgedrungen ist und sich also dem unteren Ende desselben bis zu ungefähr $^1/_3$ von dessen Länge genähert hat, findet die erste Teilung statt.

Diese geschieht, soweit meine Beobachtungen reichen, stets durch die Bildung einer horizontalen Querwand im unteren Ende des Proëmbryo. Derselbe wird also hierdurch geteilt in einen halbkugelförmigen Unter- und einen fadenförmigen Oberteil. Der letztere bildet später das obere Ende des

---

1) Ann. Sc. nat. 1855, 4. sér., tome IV. p. 74: »Le suspenseur est d'une ténuité, qui le fait souvent échapper à la vue«.

2) Ann. Jard. Bot. Buit. vol. III. p. 82.

3) Abhandl. K. S. G. W. (1859). l. c. — Die betreffenden Pflanzen sind: *Pedicularis sylvatica*, Tab. XXI; *P. comosa*, Tab. XXI; *Veronica triphyllos*, Tab. XXII; *V. Buxbaumii*, Tab. XXII; *Acanthus spinosus* und *Catalpa syringaefolia*, Tab. XXIII; *Prostanthera violacea*, Tab. XXIV; *Glossocomia*, Tab. XXVI; *Melampyrum nemorosum*, Tab. XXIII und noch einige andere. Beinahe bei allen diesen genannten Arten ist die fadenförmige Zelle längere Zeit ungeteilt geblieben. Besonders die Abbildung von *Melampyrum* erinnert an *Tectona*. Auch hier ist der »Proëmbryo« bereits bis zu $^2/_3$ der Länge vom Keimsacke in diesen eingedrungen. — Auch die Form des Keimsackes und das junge Endosperm bringen uns *Tectona* im gleichen Stadium in Erinnerung.

Keimträgers; aus dem ersteren entsteht durch weitere Teilungen der Keim mit dem unteren Ende des Keimträgers. — Der obere Teil ist durchscheinend und enthält wenig Protoplasma, während der untere undurchsichtig und reich an dieser Substanz ist.

Nach dem Entstehen der ersten Querwand folgen, wie es scheint, die übrigen Teilungen sehr schnell[1]. Diese sind in mancher Hinsicht sehr verschieden. Zumeist erfolgen noch eine oder mehrere Querteilungen und erst darnach findet die erste kreuzweise Teilung statt durch eine Längswand. Zuweilen tritt die kreuzweise Teilung etwas später ein (Fig. 40, 41, 43, 44, 56).

Schräge[2] Teilungen sind selbst während dieses jugendlichen Stadiums nicht selten (Fig. 45—47, 52, 53); es lässt daher die Regelmäßigkeit bei diesen ersten Teilungen zu wünschen übrig[3].

Durch wiederholte Teilungen der untersten Zellen des »Proëmbryo« entsteht ziemlich schnell eine kleine Kugel, die sogen. Embryokugel (der Embryo im engeren Sinne) und mit diesem ein mehrzelliger Faden: der Keimträger.

Zu diesem letzteren gehört auch die lange, ungeteilt gebliebene oberste Zelle. Die Grenze zwischen Embryo und Embryoträger ist sehr schwer anzugeben, und nur beinahe völlig ausgebildete Keime erleichtern die darauf bezüglichen Beobachtungen (Fig. 48, 49, 51—53).

Will man sich diese Kugelembryonen verschaffen, dann braucht man nur einige »reifende Samen« aus einer jungen Frucht der abgebildeten Größe zu nehmen.

Im Längsschnitte kann man dann durch eine Lupe ohne Mühe diese Embryokugel sehen.

Obschon der Keimträger bei *Tectona* zumeist die in Fig. 67 und 73 abgebildete Form besitzt, fand ich, dass auch hierbei Abweichungen nicht selten vorkommen. — Als Beispiel können die in Fig. 67, 68 und 69 gebrachten Exemplare von Keimträgern dienen. Diese drei eigentümlichen, sehr weit von der gewöhnlichen Form verschiedenen Bildungen fand ich nur einmal vor. In den beiden Fällen (durch Fig. 67 und 69 veranschaulicht) konnte ich den einzelligen faserförmigen Oberteil nicht weiter, als bis zur

---

1) Einzellige Stadien und solche mit zwei oder mehreren Querwänden sind jedenfalls bei weitem nicht so schwer zu entdecken als jene, bei welchen nur allein die erste Teilung erfolgt ist.

2) Durch Hofmeister, Abh. l. c. Tab. XXI. Fig. 7 bei *Pedicularis* und durch Treub, Embr. orch. l. c. Tab. II. Fig. 27[a], 30[a] u. s. w. sind u. a. ebenfalls derartige schräge Wände in Embryonen von Phanerogamen constatiert. Vielleicht haben wir es hier zu thun mit Atavismus bezüglich der »Scheitelzelle« der Gefäßcryptogamen?

3) Diese »Unregelmäßigkeit« während der ersten Teilungen bei vielen Angiospermenkeimen ist, wie die Untersuchungen von Fleischer, Hegelmaier, Treub, Guignard u. a. bewiesen haben, nicht so selten, als man früher glaubte.

Grenze der beiden Endospermhälften, verfolgen (doch hiervon später). Dasselbe war der Fall mit dem blasenförmigen, aufgeschwollenen Fuße des in Fig. 68 abgebildeten Keimträgers. Ich fand in allen Zellen dieses Organes, auch in seinem Fuße, viel Stärke, während dieser Stoff im umliegenden Endosperm fehlte.

Die für *Tectona* sehr abnorme Form des Embryoträgers in Fig. 69 erinnert uns an einen normal entwickelten jungen Keimträger von *Tropaeolum*, wenigstens nach einer durch Schacht [1]) davon angefertigten Zeichnung.

Durch localisiertes Wachstum beginnt die Embryokugel, sobald dieselbe ungefähr die in Fig. 61 abgebildete Größe erreicht hat, an ihrer Unterseite eine mehr oder weniger platte Form anzunehmen, und es entstehen allmählich zwei (selten drei) Erhabenheiten, welche sich zu Keimblättern (Cotyledonen) ausbilden. So erhalten wir einen Keim, wie ihn u. a. die Fig. 50, 55 und 57 repräsentieren. Doch dieser Keim ist noch sehr klein und muss viel an Umfang zunehmen, um die in Fig. 70 dargestellte Größe zu erhalten, d. h. ehe er als ausgewachsen angesehen werden kann.

Nach den ältesten von mir untersuchten Stadien zu urteilen, erscheint es mir als Thatsache, dass allein die obersten Zellen des Keimträgers nicht zur Bildung des Keimes beitragen, sondern verschleimen und zu Grunde gehen, während die untersten Zellen des mehrzelligen Keimträgerteiles im letzten Stadium der Keimentwickelung die Bildung der Wurzelhaube befördern helfen.

Doch auch bezüglich dieses Vorganges sind Ausnahmen nicht ausgeschlossen.

So sehen wir in Fig. 75 solch einen abnormen Fall abgebildet, welcher einem beinahe ausgewachsenen Keime entnommen ist. Die Grenze zwischen Embryoträger und Embryo ist hier sehr deutlich zu unterscheiden, indem der Keimträger aus einer verhältnismäßig großen Anzahl kurzer, cylindrischer Zellen besteht, welche sich bereits im Stadium der Verschleimung befinden.

Bezüglich des Verschleimungsprocesses der Keimträgerzellen muss ich hier bemerken, dass diese Desorganisation erst sehr spät stattfindet, nämlich in der Zeit, in welcher beinahe alle Gewebe durch den Keim verdrängt resp. resorbiert sind. Zuerst scheint diese Verschleimung zu beginnen in den Querwänden. Diese schwellen auf und werden gelatineähnlich durchscheinend. Nach Behandlung mit Kaliumhydroxyd und weiter mit Anilinblau zeigt sich uns ein Bild, einigermaßen mit der Callusplatte eines Siebgefäßes übereinstimmend. Mit dem Verschleimen der Querwände geht die Verschleimung der Außenwände und das Verschwinden des Inhaltes zusammen. Der ganze Keimträger krümmt sich, nimmt eine gelblichbraune bis braunrote Farbe an und wird vollständig durch-

1) Bot. Ztg. 1855, 14. Sept. Tab. IX. Fig. 14.

scheinend. Durch diese verschiedenen Vorgänge fällt es bei sehr alten Keimen eben so leicht, die Grenze zwischen Keimträger und Keim zu constatieren, als es bei jüngeren Stadien Mühe verursacht, wenn nämlich die Keimträgerzellen noch functionieren. — Im vollkommen reifen Samen gelang es mir niemals, einige Reste des Keimträgers aufzufinden. Dieser verschleimt also wahrscheinlich erst völlig, um darnach durch den beinahe ausgebildeten Keim resorbiert zu werden. Ich bemerke hier noch, dass Guignard[1]) bei *Cytisus* einen ähnlichen Verschleimungsprocess beobachtete, welcher ebenfalls in den Querwänden des Keimträgers seinen Anfang nahm.

Die von mir bei *Tectona* wahrgenommenen Schwierigkeiten, in jüngeren Stadien eine scharfe Grenze zwischen Keim und Keimträger zu ziehen, erinnern mich an einen Ausspruch Guignard's[2]) über dieses Thema in seiner »Embryogénie des Légumineuses«. — Er bemerkt darin nämlich, dass bei vielen Leguminosenembryonen ein richtiges Urteil in dieser Hinsicht äußerst schwer, wo nicht unmöglich sei.

Doch muss ich hinzufügen, dass einzelne für meine Untersuchungen besonders günstige Präparate mir den Beweis lieferten, dass bei *Tectona* nur die obersten Zellen des Keimträgers verschleimen und zu Grunde gehen, während die unteren Zellen zur Bildung der Wurzelhaube beitragen (Fig. 71).

Im völlig reifen Samen sehen wir, dass der Keim, wie aus Fig. 70 ersichtlich, beinahe die ganze Länge desselben einnimmt. Von dem oben beschriebenen, in der unbefruchteten Samenanlage enthaltenen oder nach der Befruchtung entstandenen Gewebe (Endosperm) finden wir keine andere Spur, als eine dünne Schicht an der inneren Samenhaut liegender Endospermzellen. — Die Samenschale besteht jetzt aus einer feinen Lage von Zellen, welche netzförmig verdickte Wände besitzen, doch nach außen abgeplattet, mit Luft gefüllt und bräunlichgelb gefärbt sind.

Betrachten wir einen ausgewachsenen Djatikeim mit unbewaffnetem Auge, so fällt es uns nicht schwer, die kleine Wurzel, den Vegetationskegel (Plumula) nebst den Cotyledonen wahrzunehmen. — An dem Punkte, wo die Cotyledonen sich vereinigen, erblicken wir den Vegetationskegel (Plumula), welcher sehr klein und stumpf-kegelförmig ist und keinerlei Spuren der ersten Stengelblätter zeigt (Fig. 5—12).

Bei stärkerer Vergrößerung eines der Länge nach durchschnittenen Wurzelendes vom ausgewachsenen Keime erhalten wir ein Bild wie in Fig. 71 dargestellt.

Wir bemerken dabei eine deutliche Grenzlinie zwischen Wurzel und

1) Embr. Légum. l. c. p. 79—80.

2) Embr. Légum. l. c. p. 145.

Wurzelhaube und finden im Centrum der Plumula, der Wurzel und auch der Cotyledonen langgestreckte Zellen.

Aus diesen Zellen entstehen später die Gefäßbündel und das sogen. Teilungsgewebe (Cambium); letzteres gilt natürlich nur für die beiden ersten Keimteile (Fig. 71).

Wenn wir einen reifen Djatikeim zwischen den Fingern feinreiben, so lässt uns die Fettigkeit der zerriebenen Masse auf das Vorhandensein von fettem Öl schließen. In der That beweist uns die mikrochemische Untersuchung mit Jod und Äther, Überosmiumsäure, Schwefelsäure u. s. w., dass der wahrgenommene Stoff wirklich fettes Öl ist und in großen Tropfen in allen Zellen des Keimes angetroffen wird; von Stärke [1]) oder Glykose findet man dagegen keine Spur. In Fig. 70 habe ich allein die Reaction des Öles wie gebräuchlich durch kleine Kreise resp. Punkte angedeutet.

Auch in der mehrerwähnten Endospermablagerung des reifen Samens finden wir Fettöl und Eiweißstoffe, während Stärke und Glykose fehlen.

Die Wände der innersten Zellen dieser Ablagerung sind so außergewöhnlich fein und zart, dass dieselben sehr schnell zerreißen. Das in den Zellen befindliche Öl tritt dann heraus. Dies ist die Ursache, weshalb der Keim eines reifen resp. beinahe reifen Samens auf so leichte Weise sich aus der Samenschale löst, sobald man nur einen geringen Druck (z. B. zwischen Zeigefinger und Daumen) darauf ausübt.

So muss es auch dem aus den Endospermzellen geflossenen fetten Öle zugeschrieben werden, dass der ausgewachsene Keim sich einigermaßen glatt und fettig anfühlt. Dies kann man vornehmlich bei Djatikeimen beobachten, welche zu keimen anfangen.

Erwähnenswert ist es auch, dass die Zellwände dieser dünnen Endospermablagerung und der Samenschale am zartesten sind an dem der Wurzel zugekehrten Teile und also beim Anschwellen des Keimes an dieser Seite zuerst zerreißen müssen, wie dies auch wirklich der Fall ist.

Untersuchen wir die Zellen der feinen Oberhaut eines bereits oder beinahe ausgewachsenen Keimes, so bemerken wir, dass die äußere Zellwand nicht allein nicht dicker, sondern ebenso dünn ist, wie alle übrigen Zellwände. Von einer Cuticula ist keine Spur zu entdecken. Durch Behandlung mit Chlorzinkjod, concentrierter Schwefelsäure oder Kaliumhydroxyd überzeugen wir uns weiter, dass weder die Außenwand, noch eine der übrigen Zellwände der Epidermis derartig cuticularisiert sind, dass wir eine Cuticula deutlich unterscheiden können.

Zugleich bringe ich hier noch kurz in Erinnerung, was durch Treub [2]) über die Resultate solcher gebräuchlicher Cuticulareactionen mitgeteilt

1) Vergl. de Vries, Landw. Jahrb. 1878. p. 19: »Die Kartoffelsamen gehören zu der verhältnismäßig kleinen Reihe von Samen, in denen alle stickstofffreien Nährstoffe in der Form eines fetten Öls abgelagert sind und denen damit die Stärke völlig abgeht«.

2) Embr. Orch. l. c. p. 21 (1. Anm.).

wurde ... »Es könnte immerhin möglich sein, dass (wie im oben erwähnten Falle) eine außergewöhnlich feine Cuticula bestünde, doch sich der Wahrnehmung entziehend, indem dieselbe sofort nach der Einwirkung der Schwefelsäure aufgeschwollen und zerstört wurden.« Das Vorhandensein einer so zarten Cuticula vermindert jedoch wahrscheinlich auch nicht die Möglichkeit, durch eine derartige Zellwand Nährstoffe aufzunehmen.

Erwähnung verdient es noch, dass die Farbe des ausgewachsenen Keimes gelblichweiß ist, und dass jede Spur von Blattgrün vorläufig darin fehlt. Erst nach der Keimung kann man dasselbe darin wahrnehmen, nämlich in den Cotyledonen.

Die Mittelrippe derselben, sowie auch einige Seitennerven kann man mit einer Lupe ohne Mühe unterscheiden, wie aus Fig. 11 und 12 ersichtlich ist.

Die hier abgebildete Größe besitzt der Keim im vollkommen reifen Samen. Dies ist der Fall, sobald die Frucht die in Fig. 2—4 angedeutete Größe erreicht und zugleich der Kern (die innere Fruchtwand oder Endocarpium) seine größte Härte angenommen hat.

Resumieren wir nun kurz das bis jetzt Festgestellte, so zeigt es sich, dass der reife Samen beinahe gänzlich aus dem öl- und eiweißreichen Keim besteht, und dass vom Integument und Endosperm nur einige Zellenschichten übrig geblieben sind, während von den übrigen Geweben, welche in der jungen, eben befruchteten Samenanlage vorkamen, keinerlei Spuren mehr zu finden sind.

Die Fragen, welche sich jetzt ohne Zweifel jedem Leser zuerst aufdrängen, sind sicher folgende:

1. Wo blieben diese Gewebe?
2. Woher kommen die Eiweißstoffe und das fette Öl im Keime, sowie der Stoff, aus welchem die Zellen sich aufbauten?
3. Wie geschieht die Aufnahme der Nährstoffe durch den Keim? findet dies statt durch den Keimträger allein, durch den Keim allein oder durch beide zugleich oder nach einander durch einen von beiden?
4. Bestehen bei *Tectona* solche Differenzierungen, dass z. B. einige der Ernährung dienende Zellen eigentümliche Formen oder Eigenschaften angenommen haben, wie solche u. a. bei einigen Orchideen, bei *Tropaeolum*, einzelnen Leguminosen und bei *Avicennia* beobachtet sind?

§ 2. Veränderungen in der Blüte nach deren Befruchtung, mit Ausnahme derjenigen, welche im reifenden Samen stattfinden.

Um die am Schlusse des vorhergehenden Abschnittes gestellten Fragen zu beantworten, müssen wir jetzt zur soeben befruchteten Samenanlage zurückkehren.

Wir fanden dieselbe in einer beinahe noch frischen Blüte (Fig. 4). Mit dem Verwelken der Blumenkrone und dem Vertrocknen der Staubblätter

und des Griffels gehen, wie leicht zu constatieren ist, auffallende Veränderungen des nicht abgefallenen Kelches und des Eierstockes zusammen.

Der Kelch, welcher während der Blütezeit nicht merklich wuchs, fängt jetzt nach der Befruchtung der Blüte an, plötzlich stark an Umfang zuzunehmen und zwar so lange, bis er die in Fig. 7 und 8 abgebildete Form und Größe erreicht hat. — Er zeigt jetzt eine sehr eigentümlich aufgeblasene urnenförmige Gestalt und entzieht dem Auge völlig die von ihm lose eingeschlossene Frucht.

Für diejenigen meiner Leser, welche sich hierfür interessieren, bemerke ich, dass die in Hinterindien heimische, auf Java dagegen wahrscheinlich nicht vorkommende *Tectona Hamiltoniana* Wall. sich besonders dadurch von *Tectona grandis* L. unterscheidet, dass bei jener der vergrößerte Kelch die Frucht eng umschließt[1]. Ich füge noch hinzu, dass der Djatikelch bereits seine maximale Größe erreicht hat, noch ehe die Frucht vollständig reif ist, und dass seine Farbe bis selbst kurze Zeit nach dem Reifwerden des Samens grün bleibt[2]. In den meisten Fällen verschwindet der Kelch erst nach dem Abfallen der Früchte. Dann erst schrumpft er ein, zerreißt und verfault. An den zur Aussaat von Djati verwendeten Früchten (von den Forstbeamten auf Java Djati-»Kerne« genannt) findet man meistens, selbst nachdem diese einige Zeit in der Erde lagen, noch Überreste des Kelches vor.

Ich bringe hier in Erinnerung, dass ein »bleibender aufgeblasener Kelch«, wie bei *Tectona grandis*, nur bei relativ wenig Pflanzenarten gefunden wird, u. a. *Silene inflata*, *Trifolium fragiferum*, *Physalis Alkekengi*, *Nicandra physaloides*[3] und bei einem allgemein bekannten Baume der javanischen Küste, der *Hernandia Sonora*.

Auch die Veränderungen, welche im Pistill nach der Befruchtung stattfinden, sind sehr groß. — Der im Beginn eiförmige Fruchtknoten schwillt zu einer platt-kugelförmigen Frucht an, welche aus drei verschiedenen Schichten besteht. Die äußere Fruchtwand ist dünn, doch mit einer dicken Lage wolliger Haare bedeckt. — Diese zeigen unter dem Mikroskop eine zierliche hirschgeweihförmige Gestalt und sind mit Luft erfüllt. Außerdem sehen wir noch eine Menge kleinerer Drüsenhaare, einen roten Farbstoff

1) Bentham et Hooker, Genera plant. II. p. 1152; Cordes, Die Djatiwälder auf Java p. 3.

2) Bezüglich des Nutzens dieser Kelchvergrößerung, dieses »Anpassens«, ist es schwer, etwas mit Sicherheit zu behaupten. — Am wahrscheinlichsten erscheint es mir, dass wir dies als ein Mittel zur Verbreitung durch Wind und Wasser anzusehen haben. Obwohl das letztere weniger auf der Hand liegend erscheint, ist es doch nicht ohne Belang. Ich meine hier die Verbreitung durch das Wasser der vielen während eines Sturzregens im Djatiwald überall sich bildenden Tümpel und Bäche. Die im Kelche enthaltene Frucht treibt auf dem Wasser und wird durch dieses leicht verbreitet.

3) Oudemans und de Vries, Leerb. Plantk. II. p. 103.

enthaltend, welcher niemand, der je ein junges Djatiblatt feingerieben hat, unbekannt ist.

Die mittlere Fruchtwand ist dick, schwammig und mehr oder weniger trocken. Die innere Wand der Frucht dagegen ist steinhart, indem deren Zellwände sich verdickt und in Steinzellen verändert haben.

Meistens sind Griffel und Narbe bereits sehr früh abgefallen und werden an der reifen Frucht nicht mehr gefunden.

Schneiden wir eine reife Djatifrucht quer durch (Fig. 3 u. 4) und vergleichen diese mit dem Querdurchschnitte eines unbefruchteten Ovariums (Fig. 13), so bemerken wir, dass auch im Inneren des zuletztgenannten Organes sehr wichtige Veränderungen nach der Befruchtung vorfielen. Wir sehen nämlich, dass zumeist eine oder mehrere Samenanlagen gänzlich oder doch zum größten Teile verschwunden sind. Zuweilen zeigen kleine Löcher im Steinkerne noch die Stelle an, wo sich früher die Ovariengrübchen befanden; oft genug sind auch diese Öffnungen nicht mehr erkennbar.

Weiter bemerken wir, dass die darin übrig gebliebenen Samenanlagen, nachdem sich daraus der Samen gebildet, — viel größer sind, als die Samenanlagen eines unbefruchteten Ovariums. — Zumeist fand ich 1—3, selten 4, doch niemals mehr Samen in einer reifen Djatifrucht vor (Fig. 3, 4).

Die kleine viereckige Öffnung, welche dann und wann bei tiefer angebrachten Querdurchschnitten in der reifen Frucht sichtbar ist (Fig. 3), und auch von Bentham und Hooker[1]) in deren Fruchtbeschreibung erwähnt wird, ist meiner Meinung nach sehr wahrscheinlich der Zwischenraum, welcher unten beim Verwachsen der 4 Fruchtblätter entstanden ist.

Erwähnung verdient es auch, dass von mir ein Fruchtknoten angetroffen wurde, welcher in einem der Grübchen 2 Samenanlagen zeigte, während die übrigen drei nur ein solches enthielten (Fig. 13). Diese Eigentümlichkeit war bei *Tectona* bisher unbekannt[2]). Bei den verwandten Gattungen *Premna* und *Petitia* dagegen ist das Vorkommen von 2 Ovulis in einer Höhlung Regel. Auf Grund dieses von mir beobachteten Ausnahmefalles, sowie meiner vergleichenden Untersuchungen sehr junger Fruchtansätze glaube ich annehmen zu dürfen, dass *Tectona grandis* ursprünglich 4 Fruchtblätter besitzt, welche bereits sehr frühzeitig verwachsen, ebenso wie *Duranta* und *Geunsia*[3]), zwei verwandte Verbenaceengattungen; und nicht, wie Eichler[4]) und andere behaupten, ein aus 2 Fruchtblättern ent-

---

1) Genera plantarum l. c. p. 1152: »endocarpio... cum lacuna centrali«.

2) Ibid. p. 1152: ».... loculis 1-ovulatis (*Tectona*); .... loculis 2-ovulatis (*Premna, Petitia*).

3) Eichler, Blütendiagr. T. I. p. 230. — *Tectona* sollte also ebenso gut als ein Übergang vom »Urtypus« der Verbenaceenfamilie *Geunsia* angesehen werden können, wie dies von Eichler mit Recht von *Duranta* angenommen wird.

4) Eichler l. c. p. 230.

standenes und durch Scheinwände vierhöckerig gewordenes Ovarium. — Dieser Irrtum ist übrigens leicht begreiflich, wenn man weiß, dass der Griffel von *Tectona* zweispaltig ist.

§ 3. Veränderungen in der befruchteten Samenanlage.

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die Veränderungen geschildert, welche im Ovarium nach dessen Befruchtung stattfinden, doch die Veränderungen im befruchteten Ovulum selbst außer Acht gelassen. Wir werden uns jetzt mit diesen beschäftigen und kehren deshalb zu einem solchen oben behandelten Ovulum zurück.

Wir fanden in demselben einen faserförmigen Proëmbryo. Dieser befand sich inmitten eines durchscheinenden, sehr lockeren Gewebes, während die Form des Keimsackes sich nur wenig oder gar nicht verändert zeigte.

Untersuchen wir nun Durchschnitte, in welchen sich Kugelembryonen befinden (Fig. 48, 54—73), so richtet sich unsere Aufmerksamkeit in erster Linie auf eine Einschnürung, welche wir am Keimsacke wahrnehmen, und weiter auf den Unterschied zwischen dem ober- und unterhalb dieser Einschnürung gelegenen Endospermgewebe. Ersteres nun wollen wir als Oberendosperm, letzteres als Unterendosperm bezeichnen. Die genannte Einschnürung, resp. Verengerung befindet sich ungefähr auf $^1/_3$ Keimsacklänge vom Unterende des Keimsackes entfernt. Sie ist, so lange der Keim im Kugelstadium verharrt, noch verhältnismäßig gering, wird jedoch in dem Maße, als der Keim älter wird, endlich sehr bedeutend (Fig. 55, 57).

Der Keimsack wird durch diese Einschnürung in zwei ungleiche Teile verteilt, nämlich in ein langes dünnes cylindrisches Ober- und ein kurzes eiförmiges Unterstück. Außer dieser Verengerung macht sich die Grenze zwischen beiden Teilen sehr deutlich bemerkbar durch den enormen Unterschied im Bau des Ober- und Unterendosperms.

Letzteres füllt das eiförmige Unterteil. Dieses Unterendosperm besteht aus sehr regelmäßigen Zellen mit durchscheinend faserigem Protoplasma und großen Zellkernen. — Die dem Centrum am nächsten liegenden Zellen sind sehr dünnwandig und mehr oder weniger kugelförmig; die nach außen gelegenen Zellen jedoch, welche sich dicht an der Keimsackwand befinden, haben etwas dickere Wände und sind mehr oder weniger polyedrisch. — Ersteres gilt auch für die Zellen des Unterendosperms, welche am dichtesten an der Grenze beider Endospermarten liegen (Fig. 73). Im allgemeinen ist der Bau dieses Gewebes sehr regelmäßig und liegen die Zellen ziemlich dicht aneinander. Ganz anders ist dies beim Oberendosperm.

Dieses eigentümliche Gewebe besteht aus einer geringen Anzahl äußerst unregelmäßiger Zellen, die ungeordnet und sehr lose durcheinander liegen. Figur 73 kann hiervon einigermaßen eine Vorstellung geben. Ich muss jedoch hinzufügen, dass die Zellformen oft viel unregelmäßiger sind.

Zuweilen traf ich in demselben Gewebe sehr verschiedene Formen von mehr oder weniger rundlicher bis »kotyloid«-ähnlicher, lang cylindrischer Gestalt. Ohne Ausnahme waren diese Zellen alle sehr dünnwandig und das Protoplasma darin sehr unregelmäßig verteilt. Außerdem waren die Zellkerne schwer zu unterscheiden und hatte das Protoplasma ein mehr oder weniger körniges Aussehen.

Fettes Öl wurde von mir stets in beiden Geweben angetroffen. — Eigentümlich war jedoch dabei der Unterschied in der Art und Weise, auf welche sich dasselbe zeigte. Im Unterendosperm fand ich allezeit eine sehr große Anzahl feiner Tröpfchen dieser Substanz, während dieses Öl in den Oberendospermzellen zumeist in großen Tropfen vorhanden war (Fig. 73). So wie hier oben beschrieben, ist die Form des Keimsackes und der Bau und die Beschaffenheit vom Endosperm in der Zeit, während welcher sich der Keim noch im Kugelstadium befindet. Immer befindet sich der Keim und der wichtigste Teil des Keimträgers in der eiförmigen unteren Abteilung des Keimsackes, also im Unterendosperm.

Ich sage »immer der wichtigste Teil«, weil der protoplasmareiche, dicke und mehrzellige Unterteil des Keimträgers stets inmitten des Unterendosperms liegt. Nur zuweilen — und dann noch äußerst selten — ist dies der Fall mit dem protoplasmaarmen, fadenförmigen oberen Ende (Fig. 54, 73).

Nur zweimal nämlich constatierte ich solch einen Ausnahmefall, wobei der außergewöhnlich lange, einzellige Oberteil des Keimträgers von der Grenze der beiden Endospermarten ab nach oben bis zum Scheitel des Keimsackes verfolgt werden konnte (Fig. 54). Beide Male fand ich weder Protoplasma, noch Stärke oder Öl in diesem obersten Teile, während die genannten Substanzen in demjenigen Teile des Trägers, welcher sich im Unterendosperm befand, im Überflusse vorhanden waren. Dazu kommt noch, dass dieser einzellige Teil des Keimträgers, soweit derselbe im Oberendosperm liegt, beinahe allezeit zu Grunde zu gehen scheint. Allein dem im Unterendosperm gelegenen Keimträgerteile ist ein langes Bestehen zugesichert und zwar am längsten dem dicken, mehrzelligen untersten Teile desselben.

Die nächste Frage, welche sich nun geltend macht, ist die: Was geschieht mit den Geweben der Samenanlagen, sobald der Keim an Größe zunimmt?

Um hiervon einen richtigen Begriff zu erhalten, müssen wir Längsdurchschnitte vom reifenden Samen mit älteren Keimen betrachten und zwar zunächst unter schwächerer Vergrösserung (Fig. 55, 57).

Daraus ersehen wir, dass der eiförmige Unterteil des Keimsackes größer, das Integument dagegen schmäler geworden ist, sowie auch, dass der obere Keimsackteil (mit dem darin befindlichen Oberendosperm) mehr oder weniger verdrängt wurde (Fig. 55). Ich sage »mehr oder weniger«,

weil die untersten Zellen vom Oberendosperm sehr lange bestehen bleiben; dies sind die kotyloidähnlichen Zellen, welche von außen (oben) gegen den Eingang vom Unterendosperm an sitzen (Fig. 57).

Betrachten wir dieselben Durchschnitte unter stärkerer Vergrößerung und mit Hilfe von verschiedenen reagierenden Substanzen, so bemerken wir folgendes:

Mehrere Lagen des Integumentes sind durch das Anschwellen vom unteren eiförmigen Teile des Embryosackes platt gedrückt und zwar jene, welche am meisten nach unten liegen (Fig. 73).

Diese, wie einzelne Papierblätter aufeinander gepressten Membranen zeigen zumeist ein mehr oder weniger glänzendes Aussehen von gelblicher bis rotbrauner Färbung. Mehrere Male gelang es mir, die genannten Integumentschichten durch diese charakteristische Farbe in beinahe reifen Samen wiederzufinden. Dieselben befanden sich dann zwischen der Samenschale und der eng anliegenden Wand des Unterteiles vom Keimsacke.

Auch in den äußeren Zellschichten des Integuments machen sich bedeutende Veränderungen bemerkbar. Der Inhalt dieser Zellen verschwindet gänzlich, und dieselben sind jetzt allein mit Luft gefüllt. — Die Zellwände cuticularisieren und bekommen hübsche netzförmige Verdickungen. — Diese Zellschicht — die Samenschale — kann sich also nicht mehr oder doch nur um ein weniges erweitern. — Ebensowenig kann von einem Wachsen der mit Luft gefüllten Zellen die Rede sein. — Diese Zellschicht bildet also eine entweder gar nicht oder doch nur wenig dehnbare, überall geschlossene Hülle um den noch jungen reifenden Samen.

Fassen wir nun diese Eigentümlichkeit scharf ins Auge und rechnen hinzu, dass der untere eiförmige Teil des Keimsackes mit dem darin enthaltenen Keime fortwährend an Größe zunimmt, so fällt es uns sicher nicht mehr schwer, uns einen Begriff zu bilden von der Art und Weise, auf welche das Verdrängen und Resorbieren der Gewebe im reifenden Samen stattfinden muss.

Die Ursache nämlich aller dieser Veränderungen ist der jugendliche Keim. Dieser wächst unaufhaltsam, wird also stets größer und übt durch seine Zunahme an Umfang einen Druck aus auf das ihn umgebende Unterendosperm. Genanntes Gewebe dagegen drückt demzufolge gegen die Keimsackwand und diese endlich gegen das Integument. — Durch den Widerstand, welchen die geschlossene Samenschale den letzten Zellschichten bietet, werden diese deshalb zusammengepresst (Fig. 73). Dasselbe geschieht etwas später mit den Oberendospermzellen, — etwas später, weil die Spannkraft dieser Zellen längere Zeit genügt, dem darauf ausgeübten seitwärtigen Drucke Widerstand zu bieten, als dies mit den Integumentzellen der Fall ist. Endlich aber werden auch die Zellen des Oberendospermes gänzlich verdrängt und resorbiert. So bleiben also im reifen Samen innerhalb der mehr erwähnten geschlossenen äußersten

Zellenschicht, inmitten der Samenschale, nur allein die unmittelbar dagegen angedrückten äußersten Zellen des den Keim enthaltenden Unterendosperms übrig.

Im Ganzen müssen wir uns also dieses Verdrängen resp. Resorbieren auf folgende Weise erklären. — Durch das Größerwerden des Keimes und Ausdehnen von Unterendosperm wird zuerst das Integument zusammengepresst. Der Inhalt desselben wird resorbiert durch die dem Drucke sehr lange Widerstand bietenden Oberendospermzellen, bis endlich auch diese zusammengedrückt und durch Unterendosperm und Keim resorbiert werden.

Die enorme Zunahme an Größe des Unterkeimsackes können wir daraus ersehen, dass derselbe in einem sehr jungen, reifenden Samen nur $^1/_5$ von dessen Größe besitzt, im reifen Samen dagegen vollkommen dieselbe Größe, wie dieser selbst erreicht hat (Fig. 54, 57, 70), mit anderen Worten also mindestens fünfmal größer geworden ist.

Dieses Größerwerden hat zwei Ursachen: die erste ist die Ausdehnung der äußersten Zellen, die zweite finden wir in der Bildung ganz neuer Zellen, verbunden mit dem intercalaren Wachstum des eingeschnürten Teiles der Keimsackwand. — Von ersterem können wir uns überzeugen — in welch geringem Maße dies auch geschieht — durch die etwas gestreckte Form, welche die äußersten, an jener Wand gelegenen Unterendospermzellen annehmen. Letzteres ersehen wir aus dem geöffneten oberen Ende des eiförmigen Unterkeimsackteiles, also an der Grenze, welche die zwei Endospermarten scheidet. — Erwähnenswert erscheint es mir auch, dass besonders in älteren Exemplaren von reifenden Samen die Wand des unteren Keimsackes sehr dick und gespannt und deutlich zu unterscheiden ist, während dies bei der Wand des oberen Teiles vom Keimsacke nicht der Fall ist. In sehr alten reifenden Samen gelang es mir selbst nie, diese Wand zu entdecken. — In solch alten Stadien erschien es mir daher, als ob die kotyloid ähnlichen Oberendospermzellen alle direct dem Integument anlägen.

Ich mache darauf aufmerksam, dass die schmutzigweiße, dünne Zellschicht an der inneren Seite der Samenschale des reifen Samens der noch nicht resorbierte Überrest des Unterendospermes, und also die Behauptung, im Djatisamen sei kein Sameneiweiß enthalten, unrichtig ist. Mit dem bloßen Auge jedoch, selbst vermittelst einer Lupe, ist es nicht möglich, dies zu entdecken, und dieser Umstand ist sehr wahrscheinlich der Grund dafür, dass sowohl Miquel[1]) als auch Bentham uud Hooker[2]) irrtümlicher Weise behaupteten, dass im reifen Samen des Djati das Endosperm vollständig fehle.

1) Miquel, Flora Ind. Cat. II. p. 857 und 901.

2) Bentham et Hooker, Gen. plant. T. II. p. 1152.

Dennoch kann uns dieser Endospermrest im reifen Samen bei *Tectona* nicht überraschen, weil viele andere sehr nahe verwandte Verbenaceen ebenfalls Samen mit Nährgewebe besitzen, selbst einige Verbenaceengeschlechter angetroffen wurden, deren reife Samen eine verhältnismäßig große Menge dieser Substanz enthalten, z. B. bei *Petyrodia*, *Chloanthes*, *Cyanostegia* und anderen zur Gruppe der Chloantheen und Stilbeen zählenden Gattungen[1]).

Ehe ich nun zum eigentlichen physiologischen Teile meiner »Beiträge« übergehe, finde ich es nicht unnötig, erst einige Punkte bezüglich der Morphologie des Keimsackes und Endospermes zu erörtern.

Ich meine hiermit vornehmlich die darauf bezüglichen Untersuchungen von Tulasne, Hofmeister, Treub, Hegelmaier und Went.

Anstatt die genannten Werke chronologisch zu verfolgen, werde ich anfangen mit der Abhandlung von Went über die Form des Keimsackes bei den Rosaceen[2]).

In dieser Beschreibung finden wir sorgfältige und ausführliche Details über das Verdrängen eines Teiles vom Endosperm bei einigen Amygdaleen, welche uns einigermaßen an *Tectona* erinnern. — Bei 3 *Prunus*-, 1 *Cerasus*- und 2 *Amygdalus*-Arten fand Went folgende Eigentümlichkeit. — Er constatierte nämlich, dass sich bei diesen Pflanzen der obere Teil des Keimsackes mit »übrigbleibendem« Endosperm füllt, während die übrigen Abteilungen des genannten Organes sehr schnell platt gedrückt und hiernach resorbiert wurden. Weiter entdeckte er, dass diese Eigenschaft bestimmt bei allen von ihm beobachteten zur Gruppe der Amygdaleen gehörenden Arten angetroffen wird, doch nicht bei den übrigen ebenfalls von ihm untersuchten Rosaceengruppen. Auch überzeugte er sich, dass die »Einschnürung« des Keimsackes bereits im unbefruchteten Ovulum bemerkt werden konnte. Man achte darauf, dass, während bei den genannten Rosaceen das Unterendosperm verdrängt wird, dasselbe bei *Tectona* mit dem Oberendosperm geschieht, sowie auch, dass bei den durch Went beschriebenen Rosaceen der Keim im oberen, bei *Tectona* dagegen im unteren Endosperm zu finden ist.

Durch Hegelmaier[3]) wurden bei einer *Hibiscus*-, einer *Malva*- und einer *Euphorbia*-Art Fälle wahrgenommen, in welchen Endospermbildung vorzugsweise im mikropylären Keimsackende stattfindet. — Bei *Tectona* ist, wie wir oben sahen, gerade das Gegenteil der Fall.

Nach einigen Abbildungen von Tulasne[4]) zu urteilen zeigen die Keimsäcke der folgenden Pflanzen in der Mitte oder doch dicht an derselben eine

1) Bentham et Hooker, Gen. plant. II. p. 1131 und 1140—1141.

2) Ann. sc. nat. 7. sér. tome VI. p. 339 und tab. 13.

3) Nova Acta (1885) l. c. p. 45.

4) Ann. sc. nat. (1885). 4. sér. tome IV. tab. 7—11.

Einschnürung, entweder erst nach oder schon vor der Befruchtung, nämlich: *Dracocephalum peltatum* L., 2 *Betonica*-Arten, 2 *Stachys*-Arten, *Galeopsis Ladanum* L., 2 *Lamium*-Arten und *Melissa Acinos*.

Folgen wir Hofmeister's Forschungen über »Embryologie« von Phanerogamen [1]), so erregt es unsere Aufmerksamkeit, dass auch durch diesen Gelehrten, ganz besonders bei den mehrfach genannten Tubifloren, ausgenommen bei den von Tulasne beschriebenen Arten und noch drei anderen Species, starke oder selbst sehr starke Einschnürungen des Keimsackes wahrgenommen wurden, — nämlich bei *Veronica Buxbaumii*, *Catalpa syringifolia* und *Cajophora lateritia*. Die erwähnte Einschnürung resp. Verengerung zeigte sich am stärksten bei der zuerst genannten *Veronica*-Art.

Ich bemerke hierbei, dass, — während bei vielen der durch Tulasne, Hofmeister und Went entdeckten Fälle von Keimsackeinschnürung diese bereits vor der Befruchtung deutlich sichtbar ist, — man die genannte Verengerung bei *Tectona* erst nach der Befruchtung unterscheiden kann.

Wenn wir in der embryologischen Litteratur nach analogen Fällen von zwei Endospermarten suchen, so fällt unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Untersuchungen von Hofmeister und Treub.

Merkwürdig dabei ist, dass die Beispiele, in welchen diese Eigentümlichkeit constatiert wurde, wiederum herrühren von Pflanzen, welche zu den zygomorphen Tubifloren gehören, und dass die Fälle, welche uns am meisten an *Tectona* erinnern, vorkommen bei der zu den Labiaten gehörigen *Rothanthera* und bei *Avicennia*, der einzigen bis heute embryologisch untersuchten tropischen Verbenacee.

Ist es vielleicht weniger nötig, die Analogie mit *Rothanthera* zu erläutern, weil ein einziger Blick auf die Abbildung von Hofmeister [2]) hierfür genügt, so erscheint mir dagegen eine kurze Erklärung für *Avicennia* nicht überflüssig.

Bei sorgfältiger Betrachtung über den Bau eines sehr jungen, reifenden Samens von *Avicennia*, wie Treub [3]) diesen abbildet, liegt die Analogie im Endospermbau auf der Hand. — Während uns nämlich bei *Tectona* das Unterendosperm als ein feinzelliges Gewebe von mit durchscheinend faserigem Protoplasma gefüllten Zellen erschien, so finden wir dasselbe bei *Avicennia* im Oberendosperm. Besteht weiter bei *Avicennia* das Unterendosperm aus einer einzigen großen, vielkernigen Zelle, welche mit körnigem Protoplasma gefüllt ist, so sehen wir bei *Tectona* dasselbe im oberen Samennährgewebe, allein mit dem Unterschiede, dass, während bei *Avicennia* die Zellkerne der ursprünglichen Endospermzelle sich wiederholt teilen, ohne

---

1) Abh. Kgl. Sächs. Ges. Wiss. (1859). Bd. VI. Tab. 18, 19, 21, 22, 24 und 26.

2) Abhandl. l. c. Tab. 18, 19, 21—24.

3) Ann. Jard. Bot. Buitenzorg. vol. III. Tab. 15.

eigentliche Zwischenwände zu bilden, die Kernteilungen bei *Tectona* mit der Bildung von Zellwänden Hand in Hand gehen.

Auf Grund hiervon meine ich annehmen zu dürfen, dass die eigentümlich großen Oberendospermzellen von *Tectona*, zusammen als ein Ganzes betrachtet, Übereinstimmung besitzen mit der einzelligen »Kotyloide«[1]) von *Avicennia*.

Merkwürdig ist es, dass auch physiologisch einige Analogie zu bestehen scheint, jedoch mit der Einschränkung, dass die kotyloidähnlichen Zellen bei *Tectona* nicht aus dem reifenden Samen nach außen treten, um sich Nahrung aus der Placenta zu verschaffen, wie dies bei *Avicennia* der Fall ist.

Bei *Tectona* dienen, wie ich aus mikrochemischen Untersuchungen ersah, diese kotyloidähnlichen Oberendospermzellen als Vermittler zur Aufnahme und zum Transport der erforderlichen Nährstoffe von den integumentären Geweben nach dem Unterendosperm, in welchem, wie wir oben sahen, der Keim liegt.

Eine wirkliche Durchbohrung der Keimsackwand, wie bei *Avicennia*, ist bei *Tectona* später nicht zu sehen, obwohl die Wand desjenigen Teiles vom Keimsacke, welcher im Anfang diese kotyloidähnlichen Zellen einschließt, später allmählich zu verschwinden scheint, wenigstens im oberen Ende des genannten Keimsackteiles.

Schließlich muss ich noch die Aufmerksamkeit lenken auf die coecumähnlichen Auswüchse der Embryosäcke einer Anzahl der von Tulasne[2]), Hofmeister[3]) u. A. untersuchten zygomorphen Tubifloren.

Nach den durch genannte Forscher gegebenen Beschreibungen zu urteilen, erscheint es mir nämlich als bewiesen, dass wahrscheinlich einige Übereinstimmung besteht zwischen diesen Auswüchsen mit der »Kotyloide« von *Avicennia* und den kotyloidähnlichen Zellen von *Tectona*. Nur eine mikrochemische Untersuchung kann hierüber entscheiden.

Sowohl in der Form dieser »Coecum«-ähnlichen Auswüchse, als auch in dem denselben zugewiesenen Platze bestehen bei den durch Tulasne und Hofmeister untersuchten Pflanzen bedeutende Abweichungen.

So finden wir z. B. bei *Melissa Acinos* und *Dracocephalum* nur wenige, jedoch kolossale asymmetrische Auswüchse des Oberteiles vom Keimsacke, welche bei zuletzt genannter Pflanze begleitet werden durch coecumähnliche Beulen des untersten zellenarmen Keimsackteiles; ebenso dicke, doppelt gabelförmig verzweigte Beulen bei *Stachys Betonica*; eine große Anzahl kurzer Beulen am oberen Ende des Keimsackes bei *Rhinanthus hirsutus* und *minor* u. s. w.

1) Ann. Jard. Buitenzorg vol. III. p. 79—80.

2) Ann. Sc. nat. (1855). 4. sér., tome IV, Tab. 7—11.

3) Abhandl. (1859). l. c. Tab. 18—27.

§ 4. Keimträgerblasen.

Nunmehr kommen wir zur Behandlung einer zweiten merkwürdigen Abweichung im reifenden Samen von *Tectona*, welche gleichfalls auf die Keimernährung Bezug hat. Ich meine hiermit die von mir bei *Tectona*-Embryoträgern vorgefundenen blasenförmigen Zellen. — Diese Zellen tragen, wie wir später sehen werden, während eines bestimmten Zeitraumes in der Keimentwickelung viel bei zur Ernährung des Embryo (Fig. 76—78, 81, 82).

Obwohl dies eigentliche Endospermzellen sind, welche sich im jungen Stadium wenig von den übrigen Endospermzellen unterscheiden, erhalten dieselben später nach ihrem Verwachsen mit dem Embryoträger eine mehr oder weniger blasenförmige Form. Diese Thatsache, verbunden mit der ihnen eigentümlichen physiologischen Bestimmung, veranlasste mich, diesen Zellen (meistens 10—20) den Namen: »Saugblasen« oder »Keimträgerblasen« zu geben, in Nachahmung der französischen Bezeichnung »boyaux«[1]) für derartige Zellen von gleichem physiologischen Werte.

Ich fand diese Blasen ausschließlich bei Trägern von Embryonen, welche bereits deutlich sichtbare Kotyledonen besaßen, dagegen nie bei jungen Kugelembryos. — Zuweilen entdeckte ich dieselben auch noch an Keimträgern sehr alter Keime, doch in diesem Falle waren sie größtenteils alle leer eingeschrumpft und tot (Fig. 81). Bei nicht mehr functionierenden, entweder ganz oder beinahe verschleimten und dann braungelb gefärbten Trägern von beinahe ausgewachsenen Embryonen konnte ich keine Spur davon wiederfinden. — Sie waren dann wahrscheinlich gleich den Trägerzellen verschleimt und auf dem Wege, resorbiert zu werden.

Durch vergleichende Untersuchungen einer großen Anzahl Exemplare erhielt ich, die Natur dieser Blasen betreffend, folgendes Resultat:

Einige der mehr oder weniger kugelförmigen Endospermzellen aus dem Centrum vom Unterendosperm verwachsen an einer Seite mit den Keimträgerzellen und zwar hauptsächlich mit den obersten Zellen vom mehrzelligen Unterteil des Trägers (Fig. 76, 77).

Ein Verwachsen mit dem langen, faserförmigen, einzelligen Oberteile des Keimträgers scheint dagegen niemals stattzufinden.

Ich fand diese »Saugblasen« zumeist an den obersten Zellen des kurzen, mehrzelligen Unterteiles des Keimträger, nämlich an denjenigen Zellen, welche unmittelbar an den mehr erwähnten faserförmigen Oberteil grenzen, nie dagegen an den Keimträgerzellen, die sich am dichtesten bei dem Keime bemerkbar machten (Fig. 78, 81).

Die erwähnten »Blasen« verwachsen so innig mit den Keimträgerzellen, dass sie nicht selten bei einem gut präparierten Keimträger noch

1) Treub, Embr. Orch. (1879). Tab. 40.

dann fest damit verbunden blieben, nachdem letzterer vermittelst einer Nadel durch eine Flüssigkeit wiederholt hin und her gezogen wurde. Auch bei freiem Präparieren eines Keimes und dessen Träger, woran sich Saugblasen befanden, passierte es oft, dass der Keim früher vom Träger losließ, als diese Blasen. — Letzteres beobachtete ich öfter in einem Stadium, worin die Blasen am kräftigsten functionierten.

Dieser Umstand erinnerte mich einigermaßen an Treub's[1]) Mitteilungen über *Herminium*.

Einige Male gelang es mir, durch vorsichtiges Präparieren den Keim mit Keimträger und Blasen vollständig frei aus dem Embryosacke zu lösen, wie in Fig. 78 abgebildet ist. Perforation der Keimträgerzellen findet bei diesem Verwachsen nicht statt (Fig. 82).

Als höchstwahrscheinlich kommt es mir vor, dass diese Blasen während einer bestimmten Zeit der Keimentwickelung darum großen Einfluss auf die Ernährung des Keimes besitzen, weil sie aus den darum gelegenen Endospermzellen Nahrungsstoffe aufsaugen und diese dem Keimträger zuführen, welcher später diese Stoffe dem Keime übermittelt.

Ich gebrauche speciell den Ausdruck »während einer bestimmten Zeit«, weil ich glaube, dass bei *Tectona* die Ernährung des Keimes nicht im ganzen Zeitraume seiner Entwickelung in derselben Weise geschieht.

Aus dem Folgenden wird, wie ich hoffe, das hier oben Gesagte deutlich werden.

§ 5. Stoffwechsel im reifenden Samen.

Für diesen Teil meiner Forschungen benutzte ich zumeist — für die Glykose-Definition natürlich stets — frische und nicht zu dünne Durchschnitte und die gebräuchlichen reagierenden Substanzen für mikrochemischen Nachweis von Stärke, Glykose, fettem Öl und Eiweißstoffen[2]).

Um zu der Überzeugung zu gelangen, ob eine Zellwand cuticularisiert sei oder nicht, ob diese aus Cellulose oder einem anderen Stoffe bestand, benutzte ich zumeist Chlorzinkjodium, concentrierte Schwefelsäure, Kaliumhydroxyd oder wandte auch zuweilen die Jodium-Schwefelsäuremethode an.

Bei diesen Untersuchungen bezüglich des Stoffwechsels kam es mir hauptsächlich darauf an, festzustellen, auf welche Weise bei *Tectona* die Nährstoffe[3]) dem Keime zugeführt wurden, und ganz besonders, ob der

---

1) Embr. Orch. l. c. p. 19. 6. Zeile von oben.

2) Jodium, oder Jodium-Jodkali für Stärke, Millons Reagens für Eiweißstoffe, Fehlings Probieressenz für Glykose und Überosmiumsäure zur Constatierung von Fettöl.

3) Die Bezeichnungen »Nahrung«, »Nährstoffe« u. s. w. des Keimes sind hier im weiteren Sinne gebraucht und beziehen sich ebenfalls auf die angesammelten sogen. Reservestoffe.

Embryo selbst mit bestimmten Werkzeugen ausgerüstet sei, welche bei der Keimernährung zur Aufnahme von Nährstoffen beitragen.

Dass bei höheren Pflanzengattungen eine derartige Abweichung bereits bei der Keimernährung, also im embryonalen Stadium möglich ist, in dem Sinne, dass der Keim selbst keine Nährstoffe direct aus dem Endosperm aufnimmt, sondern diese aus einem speciell für die Nahrungsaufnahme bestimmten Organe, dem Keimträger empfängt, wurde zuerst durch die von mir wiederholt citierten Untersuchungen von Treub bewiesen.

Aus diesen war ersichtlich, dass eine solche Abweichung zuweilen so weit geht, dass bestimmte Zellen des Embryoträgers zu langen Saugblasen auswachsen.

Derartige Saugblasen des Keimes waren bisher allein bei den durch Treub untersuchten Orchideen bekannt, außerdem eine gleiche Anpassung des Embryoträgers zur Nahrungsaufnahme bei den erst durch Schacht und später durch Dickson und Hegelmaier beobachteten *Tropaeolum*-Arten.

Hierzu kommt die von mir gefundene »Anpassung« bei *Tectona*.

Da nun in drei sehr weit von einander entfernten Pflanzenfamilien, den Orchideen, Tropaeolaceen und Verbenaceen solche Fälle von weitreichenden, die Keimernährung betreffenden Abweichungen im reifenden Samen bekannt sind, liegt die Möglichkeit sehr nahe, dass auch bei anderen Pflanzengattungen die genannten Erscheinungen vorkommen können. Eine Nachforschung in dieser Richtung würde sehr wahrscheinlich interessante Resultate liefern.

Ebenfalls eine Abweichung, welche zur Keimernährung beiträgt, ist der bis heute alleinstehende Fall bei *Avicennia*, welcher hier oben beschrieben wurde. Insofern besteht jedoch zwischen diesem und den oben erwähnten Fällen ein Unterschied, als bei *Avicennia* durch die Differentiation indirect die Ernährung des Embryo erleichtert wird durch Anfuhr von Nahrung nach jenem Teile vom Endosperm, in welchem der Keim liegt, während bei den anderen genannten Pflanzen die Nährstoffe mehr direct dem Embryo selbst zugeführt werden. Die »Saugblasen« der Orchideen sind nämlich Embryoträgerzellen; dasselbe gilt für die Anpassung bei *Tropaeolum*, während bei *Tectona* diese Saugblasen besondere Endospermzellen sind, welche direct mit dem Keimträger verwachsen erscheinen.

Hier sind sie also nicht anatomisch, dagegen physiologisch von gleichem Werte als differenzierte Keimträgerzellen.

Gehen wir nun nach diesen Erläuterungen über zur Beantwortung der oben gestellten Fragen.

Wenn wir Fig. 84—89 betrachten, so bemerken wir, dass im mikropylären Ende vom Ovulum, speciell vom Integument, in jungen Stadien sehr viel, in anderen weniger, und endlich in alten Exemplaren keine

Spur von Stärke zu finden ist. Ich bemerke dabei noch, dass dieser Stoff in jungen Samenanlagen, z. B. vor der Befruchtung, in so großer Menge vorkommt, dass ein Durchschnitt nach der Behandlung mit Jodium am oberen Ende beinahe schwarz aussieht. Auch im Funiculus, besonders von jüngeren reifenden Samen und Samenanlagen fand ich viel Stärke. Weiter entdeckte ich beinahe stets genannte Substanz im Embryoträger, sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Keimen. Hierbei zeigte sich die Stärke zumeist in großen einfachen Körnern von gewöhnlicher Form, welche durch Jodium meist eine violette Färbung annahmen, doch auch zuweilen die für einige Stärkesorten eigentümliche rotbraune Reaction [1]) ergaben. Stärkekörner wurden von mir, wenn auch nicht ausschließlich, so doch vornehmlich im mehrzelligen Teile des Embryoträgers vorgefunden und nur einige Male in dem langen, einzelligen Oberteil (Fig. 84, 85, 72); im Keime selbst fand ich, einige seltene Fälle ausgenommen, keine Stärke.

Mit diesen »seltenen Fällen« meine ich einzelne Beispiele, in welchen ich wohl Stärke im Keime fand.

Dies geschah verhältnismäßig oft mit Embryokugeln, welche ich 1885 erhielt, als ich zuerst Gelegenheit hatte, einige Djatikeime zu untersuchen. Diesem gegenüber steht die merkwürdige Thatsache, dass in vielen Hunderten von Kugelembryonen, welche ich fünf Jahre später (1890) untersuchte und welche von denselben Bäumen und demselben Standorte abstammten, von mir niemals die geringste Spur von Stärke entdeckt werden konnte. Ich erhielt hier also durch Zufall ein sehr interessantes Resultat — ein Resultat, welches das von Treub [2]) über derartige Variationen in der Art der Nährstoffe Gesagte bestätigt.

Ich füge noch hinzu, dass ich derartige Abweichungen in Betreff der Nährstoffe auch im Embryoträger bemerkte. In Keimträgern von ungefähr gleichalterigen Embryonen nämlich, zur selben Zeit und von derselben Pflanze gesammelt, waren abwechselnd allein Stärke, oder allein Öl, oder auch beide Stoffe zugleich enthalten.

Solche Variationen constatierte ich wiederholt. Daraus folgt, dass, obwohl von mir im *Tectona*-Embryoträger niemals Glykose gefunden wurde, die Möglichkeit noch nicht ausgeschlossen ist, dass auch dieser Stoff zuweilen darin angetroffen werden kann.

Diese Voraussetzung ist umsoweniger eine gewagte, weil bereits durch Treub und Guignard bei einigen Orchideen und Leguminosen Glykose im Embryoträger angetroffen wurde.

Gern unterschreibe ich daher die schon von Guignard citierten Worte von Treub [3]): »Mais il va sans dire, que pour l'embryon, l'utilité du

1) Behrens, Handb. f. mikr. Unters. (1883). p. 306.
2) Treub, Embr. Orch. l. c. p. 15.
3) Embr. Orch. l. c. p. 14.

suspenseur peut être tout aussi grande, si les matières nutritives traversant ses cellules, ne s'y déposent pas temporairement sous forme de amidon«.

Eigentümlich ist die Art und Weise, in welcher der Stärkeinhalt im Embryoträger von Fig. 62 verteilt ist. Nach dem Keime hin nimmt die Anzahl Stärkekörner gleich allmählich ab, wie die Anzahl Öltröpfchen steigt. — Ebensowenig wie im ganzen Endosperm fand ich jemals Stärke in den »Saugblasen« oder im unteren Teile des Integumentes.

Dieselben interessanten Eigentümlichkeiten, welche die Verteilung der Nährstoffe im reifenden Samen bot, mit Bezug auf Überfluss in einem oder gänzlichem Mangel im anderen Teile, zeigten die übrigen von mir untersuchten Nahrungsstoffe in nicht geringerem Maße.

Glykose z. B. ist stets im Überfluss zu finden im ganzen Integument, von der Zeit an, wo dieses Gewebe verdrängt und resorbiert zu werden beginnt, während es mir niemals gelang, auch außerhalb des Integumentes den genannten Stoff zu entdecken.

Ich füge hinzu, dass das Quantum Glykose innerhalb des Integumentes nicht selten so bedeutend war, dass nach der Reaction mit Fehling's Probieressenz dieses ganze Gewebe eine dunkle Orangefarbe zeigte und die Zellen gefüllt waren mit dem niedergeschlagenen Kupferoxydul[1]) (Fig. 86, 87).

Ebenso fand ich in der Wand eines Ovariums mit eben befruchteten Ovulis viel Glykose.

Eiweißstoffe zeigten sich vornehmlich an zwei Stellen im reifenden Samen im Überflusse, nämlich 1. im ganzen Endosperm, besonders an der Grenze zwischen Ober- und Unterendosperm, und 2. im Keime selbst. Im Integument dagegen traf ich überall nur sehr wenig Sameneiweiß an (Fig. 88).

Hierbei kann ich noch erwähnen, dass dort, wo die Eiweißreaction am stärksten auftrat, zugleich von mir sehr viel Protoplasma gefunden wurde und zwar im höchsten Maße an der Grenze zwischen Ober- und Unterendosperm. — Diese Thatsache beweist uns mehr oder weniger deutlich, dass die genannten Punkte als die eigentlichen Werkstätten resp. Laboratorien anzusehen sind, in welchen die verschiedenen Stoffe umgesetzt und verarbeitet werden.

Die Verbreitung des fetten Öles im reifenden Samen ist nicht weniger merkwürdig und verdient vornehmlich darum unsere Aufmerksamkeit, weil dieser Stoff vermittelst der Überosmiumsäure bis zu den kleinsten Tröpfchen mikrochemisch nachgewiesen werden kann.

Hierzu kommt, dass fettes Öl im reifenden wie auch reifen *Tectona*-Samen eine sehr wichtige Rolle spielt.

---

1) Strasburger, Bot. Prakt. p. 73.

Bereits oben sahen wir, dass im Djatikeime (Fig. 70) sowohl, als auch in der dünnen Endospermschicht des reifen Samens hauptsächlich fettes Öl als Reservematerial betrachtet werden muss und in genannten Teilen im Überfluss vorkommt.

Besehen wir dagegen Durchschnitte von reifenden Samen, in welchen sich ein kugelförmiger Keim befindet und welche mit 0,5 % Überosmiumsäure behandelt wurden [1]), so erhalten wir die Überzeugung, dass fettes Öl im ganzen Integument fehlt, während sowohl das ganze Endosperm, wie auch Keim und Keimträger sehr viel von dieser Substanz enthalten. Im Unterendosperm treffen wir mehrgenannten Stoff in allen Zellen an und zwar in einer großen Anzahl äußerst feiner Tröpfchen, welche jetzt durch ihre rabenschwarze Farbe deutlich zu unterscheiden sind.

Im Oberendosperm, ebenso im Keime und im Embryoträger finden wir das Öl in großen Tropfen und, gerade wie im Unterendosperm, sehr gleichmäßig verteilt, doch mit dem Unterschiede, dass im Keime und Keimträger mehr Öl sitzt, als im Unterendosperm (Fig. 73, 74).

Besonders scharf erscheint nach einer Überosmiumsäurereaction die Grenze zwischen dem dicht schwarz punktierten, viel Öl enthaltenden Unterendosperm und dem dagegen anliegenden, ungefärbt gebliebenen Integument, welches kein Öl einschließt (Fig. 73). Also gerade das Gegenteil von der Glykosereaction, da bei dieser Unterendosperm, Keim und Keimträger farblos bleiben, während das ganze Integument eine hübsche Orangefarbe zeigt (nach Behandlung mit Fehling's Probieressenz). Durch eine scharfe Linie ist auch hier die Grenze angedeutet.

Untersuchen wir Durchschnitte, worin sich ein Keim befindet, welcher bereits Kotyledonen besitzt, so bemerken wir nach einem Vergleiche mit den vorigen Stadien, dass die Stellen, an welchen fettes Öl gefunden wird, wohl dieselben geblieben sind, zugleich jedoch, dass die Menge desselben — besonders im Unterendosperm — in allen Teilen vermehrt ist. Auch in den einzelnen, in »Saugblasen« veränderten Endospermzellen können wir viele Öltröpfchen wahrnehmen, wohl zu verstehen bis kurz vor dem Ausgewachsensein des Keimes (Fig. 76, 77). Kurz vor dieser Zeit traf ich allein in nur wenigen Bläschen noch Öltropfen an, während die meisten davon schon völlig leer und eingeschrumpft waren.

Nachdem diese Blasen bereits verschwunden sind, und der Embryoträger beinahe zu functionieren aufgehört hat, also in der Zeit, wo der Keim fast ausgewachsen ist, und das Verschleimen des Keimträgers seinen Anfang nimmt, entdecken wir in letzterem nur noch einige wenige Öltröpfchen (Fig. 80). Sobald derselbe jedoch so gut wie gänzlich verschleimt und zu einem kurzen, gelb- bis rotbraunen, mehr oder weniger undurch-

---

1) Und natürlich dem Sonnenlichte ausgesetzt.

scheinenden und glänzenden Faden geworden ist, so sind darin, wie es scheint, auch die letzten Spuren von fettem Öl verschwunden.

Dieses sind die Veränderungen im Inhalte der Zellen vom reifenden Samen.

Was nun die Veränderungen der Zellenwände betrifft, so können wir dieselben in Folgendem zusammenfassen.

Kurz vor der Befruchtung bestehen alle Zellwände im Ovulum aus Cellulose. Nach der Befruchtung aber treten sehr schnell Veränderungen ein.

Dies sehen wir am deutlichsten, wenn wir einen reifenden Samen untersuchen, in welchem sich ein kugelförmiger Embryo befindet. Wir bemerken dann, dass die äußersten Zellschichten, die junge Samenhaut vom Integument, eine gelbliche Nuance angenommen haben und hübsch netzförmig verdickte, cuticularisierte Wände zeigen. — Die innersten Integumentzellen dagegen, besonders jene, welche bereits platt gedrückt sind, haben zwar ebenfalls diese gelbliche Färbung angenommen, doch besitzen sie bei näherer Betrachtung halb verschleimte Wände. Die Zellwände des mittleren Teiles vom Integument sind dagegen unverändert geblieben und zeigen eine deutliche Cellulosereaction. Zugleich sehen wir, dass auch die Keimsackwand, wenigstens desjenigen Teiles, welcher das Unterendosperm einschließt, einigermaßen cuticularisiert ist, und zwar im geringeren Maße am oberen als am unteren Ende.

Auch die Außenzellwand der äußeren Zellen der Keimkugel erscheint stark cuticularisiert, der Keimträger dagegen nicht.

Fassen wir nun den Stoffwechsel außerhalb und den Nahrungstransport nach dem Unterendosperm ins Auge, so scheint es mir, dass wir uns von diesen Vorgängen auf Grund des Vorhergesagten folgende Vorstellung machen dürfen.

Die beiden im Integument in großer Menge enthaltenen Kohlehydrate werden durch die äußersten der kotyloidähnlichen Zellen vom Oberendosperm, welche mit den plattgedrückten Integumentzellen in directer Verbindung stehen, aufgenommen und in Öl umgesetzt.

Dieses Öl wird mit Hülfe der übrigen Endospermzellen nach dem Unterendosperm transportiert und tritt demnach an der oberen Seite in dieses Gewebe ein, also an der Stelle, wo sich die Einschnürung des Keimsackes befindet.

Diese Erscheinungen besitzen somit außer den bereits früher von mir genannten Unterschieden sehr viel Übereinstimmung mit der Weise, in welcher bei *Avicennia* die Nährstoffe nach dem den Keim enthaltenden Endospermteile transportiert werden. Nur besteht hierbei der Unterschied, dass bei *Avicennia* Stärke, bei *Tectona* dagegen Öl der transportierte Stoff ist.

In der beschriebenen Weise nimmt der Nahrungstransport nach dem

Unterendosperm so lange seinen Fortgang, bis die ganze Masse der im Integument anwesenden — und im Anfange durch den »Funiculus« aus der Ovariumwand noch in dieses übergebrachten — Kohlehydrate in fettes Öl umgesetzt und nach dem Unterendosperm übergegangen sind. Wahrscheinlich werden auf demselben Wege auch die Eiweißstoffe nach dem Unterendosperm transportiert.

Bei weiteren Untersuchungen betreffs der Keimernährung werden unsere Beobachtungen nun insofern vereinfacht, als wir uns dabei nur noch mit Unterendosperm und Keim zu beschäftigen haben.

Ich bringe hierbei noch in Erinnerung, dass das Unterendosperm bei *Tectona* stets ausschließlich fettes Öl und nie Kohlehydrate als stickstofffreie Nährstoffe enthält.

Wir müssen also bei der Frage, auf welche Weise die Ernährung des Keimes stattfindet, unsere besondere Aufmerksamkeit auf dieses im Unterendosperm enthaltene Öl lenken.

Der Umstand, dass dieser Stoff im Embryoträger niemals fehlt, doch zumeist im Überflusse darin angetroffen wird, lässt uns beinahe sicher annehmen, dass derselbe durch den Embryoträger aus dem Unterendosperm nach der Keimkugel transportiert wird. — Ist aber eine derartige Aufnahme wahrscheinlich? Nimmt der Keim das Öl nicht selbst auf und haben wir es im Keimträger vielleicht nicht mit transitorischem Öle zu thun, welches auf dem Wege zum Embryo ist, sondern mit einem vom Embryoträger zum Neubau von Zellen selbst gebrauchten Material? Oder geht vielleicht umgekehrt das Öl aus dem Keime nach dem Endosperm über?

Die letzte Mutmaßung ist so absurd, dass sie kaum besprochen zu werden verdient. Nur sei bemerkt, dass der Keim fortwährend an Anzahl der Zellen und Ölreichtum zunimmt und dass das Endosperm[1]) selbst nicht mehr wächst.

Die Beantwortung der übrigen Fragen erfordert eine einigermaßen detaillierte Betrachtung. Beschauen wir zu diesem Zwecke in erster Linie einen Embryo, welcher das Kugelstadium erreicht hat (Fig. 60, 63).

Nach Behandlung eines Keimes, wie in Fig. 60 abgebildet, mit concentrierter Schwefelsäure verschwindet beinahe sofort die oberste Zellenschicht des Embryoträgers, und die Zwischenabteilungen im übrig gebliebenen Teile dieses Organes sind unsichtbar geworden. Wenige Augenblicke später wird auch der untere Teil des Keimträgers zerstört, und wir finden von Embryo und Träger nur noch die Keimkugel übrig.

Letztere zeigt an der Oberseite, wo früher der Embryoträger saß, ein rundes Loch von gleich großem Durchmesser, wie dieser besaß. — Die

1) Im übrigen Teile dieses Paragraphen wird mit »Endosperm« stets das Unterendosperm gemeint, also das Endosperm, in welchem der Keim sich befindet.

Wände dieser Öffnung sind zumeist etwas eingerissen und sehen einigermaßen zerfressen aus (Fig. 63).

Diese Keimkugel, welche unter dem Mikroskop wie eine dünne Eierschale mit einem darin gebohrten Loche aussieht, bietet ferner der Schwefelsäure vollkommen Widerstand. Dies beweist uns, dass die Wand der Keimkugel stark cuticularisiert ist, der Keimträger dagegen nicht.

Doch noch auf andere Weise können wir uns von der Richtigkeit des eben Gesagten überzeugen, — nämlich dadurch, dass wir einen gut präparierten Embryo mit Träger von dem in Fig. 60 abgebildeten Kugelstadium in einen Tropfen Chlorzinkjodium bringen.

Wir sehen dann, wie der ganze Keimträger sich schön violett färbt und wie die Wand der Keimkugel eine braungelbe Farbe annimmt, und folgern daraus wieder, dass die Keimkugel cuticularisiert ist, der Keimträger aber aus veralteter Cellulose besteht. Die Cellulosereaction erscheint am schönsten an den oberen Zellen des mehrzelligen Teiles vom Keimträger.

Ich habe diese Proben mehrere Male bei verschiedenen *Tectona*-Embryonen im Kugelstadium wiederholt und kam dabei stets zu demselben hier oben beschriebenen Resultat, welches auch Treub[1]) und Guignard[2]) bei Embryonen von einigen Orchideen und Leguminosen erhielten.

Auch bei etwas älteren Stadien, z. B. von der in Fig. 65 abgebildeten Größe, machte ich dieselben Beobachtungen.

Hierbei erschien mir der Gebrauch von Chlorzinkjodium, nach vorhergehender Behandlung mit warmem Kaliumhydroxyd, sehr instructiv. Die jetzt braungelb gefärbte »Cuticula«, welche den Embryo selbst umgiebt, hat sich losgelöst und zeigt sich als ein vielfach, doch nicht tief gefalteter Sack, welcher den Embryo lose umhüllt und nur an der Oberseite eine Öffnung besitzt, nämlich dort, wo Keim und Keimträger mit einander verbunden sind (Fig. 65). Im optischen Durchschnitt erscheint uns dieser Sack als eine schwarze scharfe Wellenlinie.

Diese Linie ist ununterbrochen an der unteren und den beiden Längsseiten vom Embryo. An der Oberseite desselben dagegen sind die Ausgänge dieser Linie nicht verbunden. Wir sprechen hier natürlich von einem genau medianen Längendurchschnitt des Keimes (und vom Keimträger). Die mehrgenannte Linie war am dünnsten an den beiden Ausgangspunkten (Fig. 65). Die Wand der eigentlichen Keimträgerzellen war bei dieser Probe allein angeschwollen, zeigte jedoch niemals Spuren einer Cuticula. Ich bezeichne hier mit »eigentliche Keimträgerzellen« diejenigen, an welchen später die Blasen sitzen und die kurz vor dem Ausgewachsensein des Keimes verschleimen und zu Grunde gehen, also nicht direct zum Aufbau des Keimes beitragen. Letzteres ist, wie wir früher sahen, wohl der Fall mit den

1) Embr. Orchid. l. c.

2) Embr. Legum. l. c.

untersten Zellen des mehrzelligen Keimträgers, und bei diesem bemerkte ich zuweilen eine sehr feine Cuticula.

Auch diese von mir öfter wiederholte Probe ergab das hier oben mitgeteilte und durch Treub [1]) ebenfalls bei vielen Orchideenembryonen erhaltene Resultat.

In Fig. 64 habe ich eine Zelle des Obertheiles vom mehrzelligen, dem eigentlichen Keimträger, und in Fig. 66 eine Epidermiszelle des in Fig. 65 abgebildeten Embryostadiums gezeichnet, nachdem beide kurze Zeit vorher mit warmem Kaliumhydroxyd und danach mit Chlorzinkjodium behandelt worden waren. Hierdurch war die Cuticula scharf abgezeichnet. An einzelnen Stellen des Embryo hatte sich die Cuticula bereits losgelöst von der darunter liegenden Cellulosewand. Bei der abgebildeten Zelle ist dies nicht der Fall.

Bei einem etwas älteren Stadium mit bereits sehr großen Kotyledonen und »Saugblasen« am Keimträger bekam ich genau dieselben Resultate. Auch diese Blasen waren nicht cuticularisiert, bestanden jedoch aus unveränderter Cellulose (Fig. 78). Bemerkenswert dabei war, dass die Wände der genannten Blasen noch dünner als die Zellwände des Keimträgers, ja selbst so fein waren, dass ich oft schräges Licht benutzen musste, um diese Blasenwände bis zu deren Anfang zu verfolgen; doch gelang es mir auf diese Weise ohne Mühe (Fig. 82).

Bei Behandlung eines frei präparierten Embryo mit Anilinfarbstoffen erhält man von diesen »Saugblasen« sehr hübsche Präparate. Ohne diese Färbemittel und ohne eine andere Flüssigkeit außer Glycerin als Medium zu verwenden, sind die Wände von kräftig functionierenden, stark gespannten »Saugblasen« — selbst dann noch, wenn man einen Keimträger mit Saugblasen frei präpariert hat, — außergewöhnlich durchsichtig. Durch den Umstand jedoch, dass sich in jeder einzelnen Blase ein großer gelblicher, ellipsoidischer Zellkern (mit deutlichem »nucleolus«) und ziemlich viel faseriges graufarbiges Protoplasma befinden und letzteres, obwohl durchscheinend, doch durch seine graue Färbung, faserige Eigenschaft und die vielen darin enthaltenen Oeltröpfchen ins Auge fällt, tritt, auch allein in Glycerin (vornehmlich bei schräg fallendem Lichte), die typisch haustorienähnliche Form der Saugblasen deutlich zu Tage.

Ungeachtet der sehr großen Feinheit der Blasenwände gelang es mir dennoch einige Male, in diesen Blasen — vor ihrer völligen Zerstörung — mit gleich großem Erfolg als beim Keimträger vermittelst Chorzinkjodiums die violette Cellulosereaction wahrzunehmen.

Ich bringe hier in Erinnerung, dass nach Mitteilungen von Treub die dem Proëmbryo von *Stanhopea oculata* [2]) und anderen Orchideen zukom-

---

1) Embr. Orch. Fig. 14a und 14b von Tab. 4.

2) Embr. Orchid. l. c. p. 11.

menden Blasen ebenfalls Cellulosewände haben und wie die von *Tectona* sehr dünnwandig sind, sowie, dass in den Blasen (boyaux) zuweilen viele Stärkekörner[1]) vorkamen, zuweilen zahlreiche Tropfen fetten Oeles[2]). Letztere Eigenschaft, welche Treub bei *Phalaenopsis Schilleriana* vorfand, erinnert uns also vollkommen an *Tectona*.

Hier muss noch die bei der Chlorzinkjodreaction nicht selten vorkommende Eigentümlichkeit erwähnt werden, dass, während der Keim bräunlich-gelb (Cuticulareaction) und die Trägerzellen alle schön dunkelviolett waren (Cellulosereaction), nur einige der Blasen eine violette Nuance annahmen, die übrigen dagegen farblos und durchsichtig blieben oder auch zuweilen durch dieses Reagens gänzlich aufgelöst wurden.

Zugleich mache ich hierbei darauf aufmerksam, dass Guignard[3]) eine derartige Eigenschaft bei den außergewöhnlich feinwandigen, stark aufgeblasenen Keimträgerzellen von einigen Vicieen fand.

Schließlich weise ich noch darauf hin, dass die »Saugblasen« bei *Tectona* sich morphologisch unterscheiden von den Blasen bei *Stanhopea*, *Vanda*, *Phalaenopsis* und anderen von Treub untersuchten Orchideen, obwohl sie von gleichem physiologischem Werte sind wie jene. Bei diesen sind es Embryoträger, bei jenen Endospermzellen, welche mit den Keimträgerzellen verwachsen und wie diese fungieren.

Gehen wir jetzt über zur Beantwortung der folgenden Fragen:

Ist die Permeabilität einer cuticularisierten Zellwand geringer als einer solchen, die aus unveränderter Cellulose besteht? Was ist hierüber im allgemeinen bekannt und was von der Cuticula der Keimkugel und der Cellulosewand des Keimträgers im besonderen? Und was wissen wir betreffs dieser Fragen von *Tectona*?

»Ebenso zahlreich wie die Untersuchungen über die chemische Natur und den Ursprung der Cuticula sind, so selten sind die Untersuchungen über ihre Permeabilität«, sagt Treub in seiner mehrfach citierten Embryologie der Orchideen (1879).

Seit der Ausgabe des genannten Buches sind, soviel mir bekannt, andere directe Beweise als die durch Treub gelieferten von einer geringeren Permeabilität der Cuticula nicht mitgeteilt. Man fand wahrscheinlich die weniger durchdringliche Eigenschaft der Cuticula so natürlich, dass man dabei vergaß, diese Thatsache durch Proben zu beweisen.

Weil jedoch der genannte Gegenstand für die Bestätigung der Frage, auf welchem Wege die Nahrung des Keimes durch diesen empfangen wird, von der größten Wichtigkeit ist, erscheint es mir in jeder Hinsicht von Interesse, diese Beweise in Kürze zu wiederholen.

---

1) Embr. Orch. p. 41.
2) Ibid. p. 38 und Fig. 20. Tab. IV.
3) Embr. Légum. l. c. p. 64.

1. Embryonen von *Laelia*[1]), welche einige Wochen in absolutem Alkohol gelegen hatten, zeigten im Keimträger kein Öl mehr, während dieser Stoff in frischen Trägern im Überfluss vorkommt und die Keimkugel von mit Alkohol behandeltem Material ebenso noch viel Öl enthielt. Eine annehmbare Erklärung hiervon ist diese, dass der Alkohol leichter und schneller durch die Zellenwände (Cellulose) des Keimträgers, als durch die Außenwand (Cuticula) der Keimkugel nach innen dringen konnte.
2. Ein Embryo von *Orchis latifolia*[2]) wurde einige Minuten in $1/2$ % Überosmium gelegt, hiernach schnell mit Wasser abgewaschen, und das Präparat dem Sonnenlichte ausgesetzt. Während nun die Öltröpfchen im Keimträger schon jetzt alle schwarz erschienen, hatten dieselben in der Keimkugel ihr unverändertes (unzersetztes) Aussehen behalten, welche Thatsache wohl auf demselben Grunde wie oben beschrieben beruhte.
3. Ein lebender Embryo mit Embryoträger von *Epidendrum ciliare* wurde unter dem Mikroskop mit einer 20 % Auflösung von Salpeter in Berührung gebracht.

   Das Protoplasma in der Keimkugel contrahierte sich dabei erst viel später als das Protoplasma im Keimträger. Auch hier muss angenommen werden, dass die Zellwände des Keimträgers dem Wasser leichteren Zugang verstatteten, als die Cuticula der Embryokugel.
4. Ein Embryo (mit Träger) derselben Pflanze wurde in eine sehr verdünnte Jodiumauflösung getaucht.

   Der Inhalt der Keimträgerzellen war dabei schon gefärbt, ehe dies mit den (äußersten) Zellen der Keimkugel der Fall war. Auch hier also sehen wir dasselbe Phänomen wie z. B. bei der Osmiumsäure- und Alkoholprobe.

Obschon nun die Argumente für mindere Permeabilität der Keimkugelcuticula gegenüber der Cellulosewand des Keimträgers meiner Meinung nach durch diese Proben bereits hinreichend erscheinen, um schon jetzt von »Beweisen« sprechen zu können, ist es vielleicht nicht ohne Belang, hierbei zu erwähnen, dass ich durch gleiche Proben mit Kugelembryonen von *Tectona* dieselben Resultate erzielte.

Nur einige andere Proben, obwohl von obigen Experimenten wenig abweichend, welche ich bei *Tectona* anwandte, will ich hier bekannt machen.

5. Einige *Tectona*-Embryonen (mit Träger), im Kugelstadium befindlich, wurden in eine Jodiumauflösung gelegt und verblieben darin, bis der Zellinhalt von Keimkugel und Embryoträger beinahe gleich braun

---

1) Embr. Orch. l. c. p. 28.

2) Embr. Orch. l. c. p. 16.

gefärbt waren. Hierauf wurde das Präparat in Glycerin gelegt. Die Trägerzellen erschienen dann früher als die (äußersten) Zellen der Keimkugel entfärbt zu sein.

Durch Entfärbung mit stark verdünnten Kaliumhydroxyd-Auflösungen wurde dasselbe Resultat erreicht.

6. Nachdem ich Embryonen (mit Keimträger), worin sich Stärke befand, in einer sehr verdünnten Jodiumauflösung unter das Mikroskop brachte, gelang es mir nicht selten wahrzunehmen, wie nacheinander, bei den obersten Zellen (des mehrzelligen Embryoträgerteils) beginnend, Zelle um Zelle nach unten hin, sich die violette Färbung der Stärkekörner bemerkbar machte.

   Diese Probe war darum besonders lehrreich, weil dieselbe bewies, dass die obersten Zellwände, also gerade diejenigen, in welchen die Saugblasen vornehmlich ihren Sitz haben und welche stets am schönsten die Cellulosereaction zeigten, der nach innen dringenden Jodiumauflösung den geringsten Widerstand leisteten.

Leider enthielten die Embryokugeln dieser untersuchten Stadien keine Stärke, weshalb die gemachte Probe nicht zugleich dazu dienen konnte, die geringere Permeabilität der Cuticula der Keimkugel zu beweisen, sondern nur den gegenseitigen Unterschied von Permeabilität der Keimträgerzellen.

Nachdem wir aus Obenstehendem ersahen, dass sowohl bei den untersuchten Orchideen als auch bei *Tectona* die Wände des Embryoträgers für die angewendeten Stoffe leichter zu durchdringen waren als die Wände des Embryos (Kugel), erscheint die Mutmaßung, dass diese verschiedene Durchdringbarkeit ebenfalls für Kohlehydrate, Öl und Eiweißstoffe giltig sein könne, weniger gewagt.

Wenn wir uns weiter erinnern, dass bei *Tectona* im Keimträger eines kugelförmigen Embryos stets eine große Menge Stärke oder Öl oder auch beide Stoffe zugleich angetroffen werden, während dieselben im umliegenden Endospermgewebe entweder theilweise (z. B. zumeist das fette Öl) oder selbst gänzlich fehlten (Stärke), während ferner das Öl immer in außergewöhnlich großer Menge in der Keimkugel enthalten ist (Fig. 72—74, 62, 85) und endlich constatiert wurde, dass der Keimträger — in der Zeit, während welcher im Keime selbst mächtig neue Zellbildung stattfindet, — beinahe nicht mehr wächst und darin keine neuen Zellen entstehen, so müssen wir zweifellos zu der Überzeugung kommen, dass

die Nährstoffe im Keimträger als darin transitorisch anzusehen sind, durch diesen aus dem Endosperm aufgenommen, um der Keimkugel zugeführt zu werden.

Speciell lenke ich hierbei die Aufmerksamkeit auf Fig. 62. In dieser Figur ist der Träger eines jungen Embryos abgebildet. Der einzellige fadenförmige obere Teil des Embryoträgers war nicht mehr zu unterscheiden und wahrscheinlich schon verloren gegangen. Alle übrigen Zellen des

mehrzelligen Teiles sind, wie ersichtlich, vollgefüllt mit Stärke und Öl. Dabei bemerken wir, dass nach unten hin (nach dem Keime zu) die Stärke sich in demselben Maße verringert, als das Öl an Menge zunimmt. Wir können, nach der mikrochemischen Reaction, Tropfen für Tropfen und Korn für Korn verfolgen und gleichzeitig sehen, wie ein Stoff auf dem Wege nach dem Keime durch den anderen ersetzt (umgesetzt?) wird, und erhalten dadurch im wahren Sinne ein Bild des Nahrungstransports nach dem Keime.

Bringen wir uns dabei kurz in Erinnerung, was oben in Betreff der Natur und des Platzes der »Saugblasen« mitgeteilt wurde, nämlich: äußerst feine aus Cellulose bestehende Wände; constantes Auftreten von Tropfen fetten Öles in diesen Blasen; auf der dünnsten Stelle der Keimträgerzellen fußend; während eines bestimmten Zeitraumes der Keimentwickelung kräftig gespannte Zellwände und Reichtum an Protoplasma mit vielen Öltropfen; die feste Verwachsung mit dem Keimträger; Auftrocknen, Einschrumpfen und Verschwinden des Inhalts und später Verschleimen, gleichzeitig oder kurz bevor der Keimträger selbst aufhört zu functionieren, u. s.w., und betrachten wir diese Eigenschaften der von mir bei *Tectona* vorgefundenen »Saugblasen« in Verbindung mit dem eben bezüglich des Keimträgers Gelernten, so dürfen wir als höchstwahrscheinlich annehmen, dass diese Embryoträgerblasen bei *Tectona* eine sehr wichtige Rolle in der Keimernährung spielen, in dem Sinne, dass genannte Blasen wie Saugzellen eines parasitischen Pilzes aus den umliegenden Endospermzellen Nährstoffe (besonders Eiweißstoffe und Öl) aufnehmen und später diese Substanzen an den Keimträger abgeben, welcher sie in der Folge wiederum dem Embryo zugehen lässt, der selbst während des Kugelstadiums keine oder doch nur geringe Nahrung direct aus dem Endosperm empfängt.

Betrachten wir jetzt einen viel älteren, z. B. beinahe ausgewachsenen Keim. Der Embryoträger ist bereits halb verschleimt, die Farbe seiner Zellwände bräunlich-gelb geworden, und sein Inhalt, vornehmlich Öl und Protoplasma, gänzlich daraus verschwunden. Ebenso ist keine Spur der Blasen mehr zu finden. Der Träger scheint also seine Function eingestellt zu haben, noch e h e der Keim völlig ausgewachsen ist. Dieser muss folglich noch wachsen und resorbiert darum außer einem Teil vom Endosperm wahrscheinlich auch den verschleimten Träger.

Ich vermute dies, weil ich letztgenannten Teil niemals im vollkommen reifen Samen wiederauffinden konnte. Die Nahrungsstoffe, auch jetzt noch hauptsächlich Eiweißstoffe und fettes Öl, müssen demnach nun durch den Keim selbst resorbiert werden, resp. durch dessen Außenwand nach innen treten.

Ich erwähne hierbei noch, dass, obwohl bei Kugelembryonen, selbst in älteren Stadien (z. B. Fig. 65) der Keim mit einer deutlichen, ziemlich dicken Cuticula umgeben ist (welche u. a. concentrierter Schwefelsäure Widerstand bot), die epidermale Außenwand beinahe ausgewachsener Em-

bryonen dagegen niemals merklich cuticularisiert ist, jedenfalls nicht in dem Maße, um concentrierter Schwefelsäure einen nennenswerten Widerstand bieten zu können. Sollte dennoch in letzterem Falle eine äußerst feine Cuticula bestehen, so erscheint der physiologische Wert derselben uns zu gering, um die Nahrungsaufnahme des Keimes selbst während des beinahe ausgewachsenen Stadiums vermittelst seiner ganzen Außenwand und ganz besonders durch seine Kotyledonen zu bezweifeln.

Der letztere Fall nun, nämlich die Absorption von Nahrung aus dem Endosperm direct durch die Kotyledonen nach der Keimung, ist vorzüglich durch die ausführlichen Untersuchungen von de Vries mit Sicherheit bewiesen[1]) bei Pflanzen, bei welchen die Keimwurzel bereits vollständig aus der Samenhaut herausgetreten ist, während die Kotyledonen mit einer Endospermschicht in dieser eingeschlossen bleiben. Dass dies auch kurz vor der Keimung im reifenden Samen stattfindet, darf uns daher ebenso wenig verwundern, obschon wir nicht erklären können, warum der Keim diese Eigenschaft besitzt, also später von der ursprünglichen Weise von Nahrungsaufnahme während des Kugelstadiums abweicht.

Wir können hier nur die Thatsache constatieren.

Die hier erwähnten Erscheinungen sind bei *Tectona* darum vornehmlich merkwürdig, weil der jüngere Keim im Kugelstadium selbst eben direct weniger Nahrung aufnimmt wie eine Orchideen-Embryokugel, sondern diese aus dem Keimträger empfängt, welcher bei *Tectona* nur während dieses jungen Stadiums, bei Orchideen dagegen, wie es scheint, bis zur vollen Entwickelung, also bis zum Reifwerden des Samens, diese Nahrungsaufnahme verrichtet.

Hierzu kommt, dass bei beiden genannten Pflanzengattungen der Keimträger selbst etwas später dabei durch eigentümlich blasenförmige Saugzellen unterstützt wird, welche bei beiden physiologisch von gleichem Werte sind.

Fassen wir also alle bezüglich der Keimernährung bekannten Einzelheiten kurz zusammen, so kommen wir zu der Überzeugung, dass die Art und Weise, in welcher der Djatikeim sich die nötigen Nahrungs- und Reservestoffe verschafft, je nach dem Alter, welches der Keim erreichte, verschieden ist.

Wir können betreffs der Keimernährung im reifenden Samen von *Tectona grandis* nacheinander die folgenden drei Phasen constatieren:

1. Der Keim selbst nimmt direct keine Nährstoffe aus dem Endosperm auf, es geschieht dies vielmehr durch den Embryoträger, welcher diese Substanzen dem Keim zuführt.

---

1) Vornehmlich durch Hugo de Vries: Landwirtsch. Jahrb. (1878): Beiträge zur speciellen Physiologie landwirtschaftlicher Culturpflanzen. Sep.-Abdrücke: Zuckerrübe p. 22 und Kartoffelsamen p. 20.

2. Der Keim selbst empfängt direct geringe oder gar keine Nahrung aus dem Endosperm, dagegen vornehmlich oder ausschließlich durch den Träger und die an letzterem befindlichen »Saugblasen«.
3. Der Keim nimmt selbst direct alle Nährstoffe auf durch seine ganze Außenwand und wahrscheinlich ganz besonders durch die Kotyledonen.

   Ersteres findet statt von dem Kugelstadium bis zum Beginn der Kotyledonenausbildung und die zuletzt genannte Phase erst kurz vor dem Reifwerden des Samens. Das unter 2. genannte Stadium bildet die Verbindung der eben erwähnten Zeitabschnitte.

Diese Untersuchungen waren abgeschlossen im December 1890. Dieselbe Abhandlung erschien holländisch mit 8 Tafeln bei Ernst u. Co., Batavia u. Noordwijk 1891.

Erklärung der Figuren[1]) auf Tafel IV—X.

Fig. 1. Blumenknospe, Längsdurchschnitt (± 16).

Fig. 2. Reife Frucht mit Kelch, Längsdurchschnitt; am Scheitel ist der Kelch einigermaßen schief getroffen (nat. Gr.).

Fig. 3, 4. Reife Djatifrüchte, Querdurchschnitte (nat. Gr.).

Fig. 5—8. Reife Samen, Seitenansichten; die Rhaphe ist durch eine schwarze Linie angedeutet (nat. Gr.).

Fig. 9, 10. Ausgewachsener Keim, Seitenansicht (nat. Gr.).

Fig. 11, 12. Kotyledonen eines ausgewachsenen Keimes mit Plumula und Wurzel (nat. Gr.).

Fig. 13. Querschnitt eines anormalen Ovariums; einigermaßen schematisch (± 15).

Fig. 14—16. Junge Pistille im Längsdurchschnitt; Fig. 14 (+ 76), Fig. 15 (+ 58), Fig. 16 (+ 76).

Fig. 17—22, 25. Samenanlagen in optischem Längsdurchschnitte; Fig. 17 (+ 58), Fig. 18 u. 22 (+ 530), Fig. 19 (+ 270), Fig. 20 u. 21 (+ 76), Fig. 25 (+ 900).

Fig. 23, 24, 27, 28. Oberteil des Keimsackes mit Eierapparat, im optischen Längsschnitt Fig. 23 u. 24 (+ 586), Fig. 27 u. 28 (+ 339).

Fig. 26. Vorkeim mit verschleimten Synergiden im optischen Längsschnitt (+ 339).

Fig. 29. Scheitel einer jungen Samenanlage im optischen Längsschnitt (+ 900).

Fig. 30. Längsschnitt einer Samenanlage mit faserförmigem Vorkeime (+ 11).

Fig. 31—33, 38. Längsschnitte des oberen Teiles, resp. des ganzen Keimsackes mit Vorkeimen; Fig. 31 (+ 530), Fig. 32 u. 33 (+ 390), Fig. 38 (+ 395).

Fig. 34—37. Unterteil des Vorkeimes mit in Alkohol contrahiertem Protoplasma und einem Zellkern; Fig. 34, 35 (+ 900), Fig. 36 u. 37 (+ 415).

Fig. 39. Wie Fig. 34, doch nach der Teilung des Kernes und vor der Bildung der ersten Zwischenabscheidung (+ 390).

Fig. 40, 41, 43, 45—47, 52, 53, 56. Optische Längsschnitte von jungen Embryonen mit einem Teile des langen Keimträgers; Fig. 40, 41, 43, 45—47 u. 56 (+ 415), Fig. 52 (+ 390), Fig. 53 (+ 200).

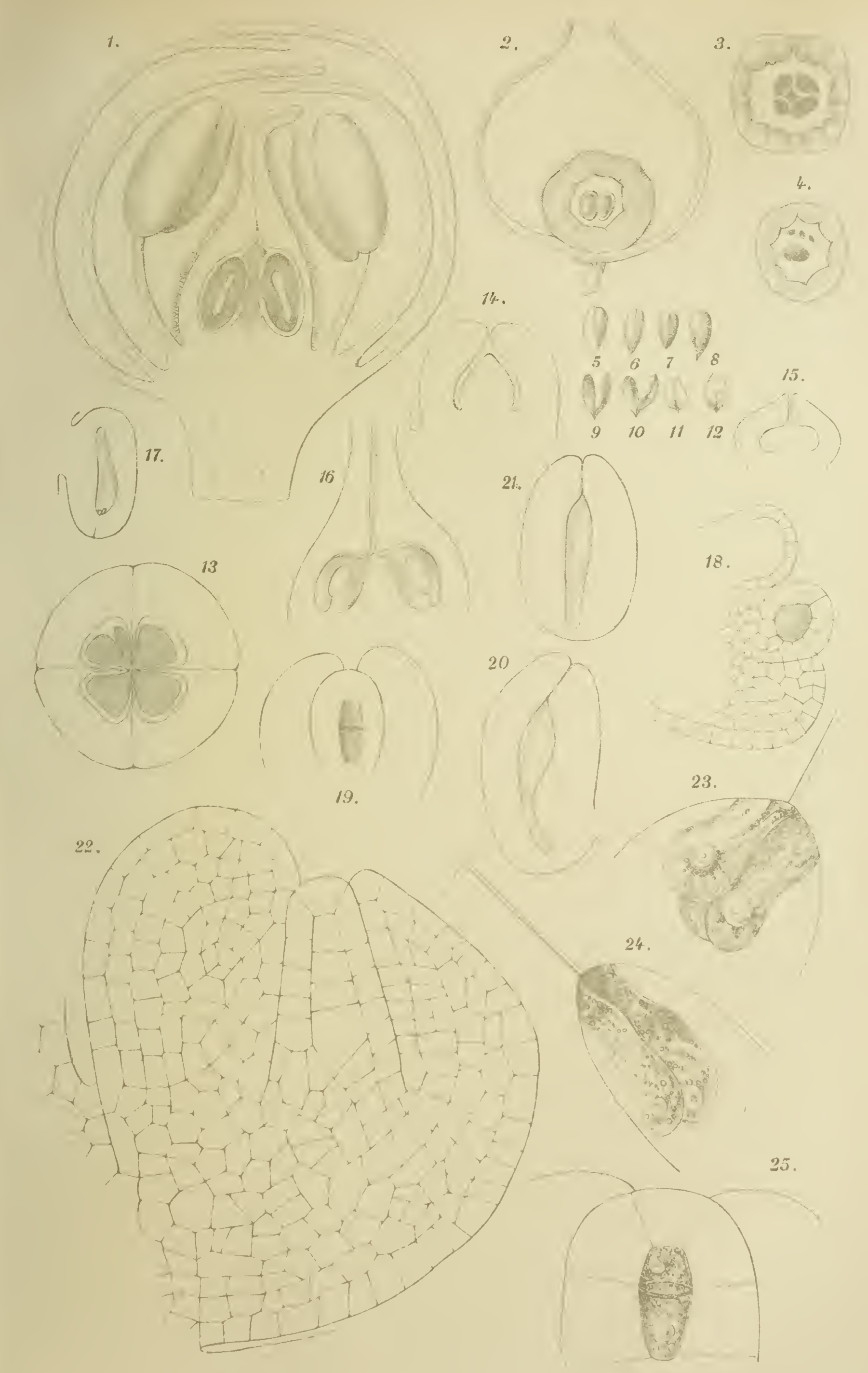
Fig. 42. Längsschnitt vom unteren Ende einer befruchteten Samenanlage (+ 80).

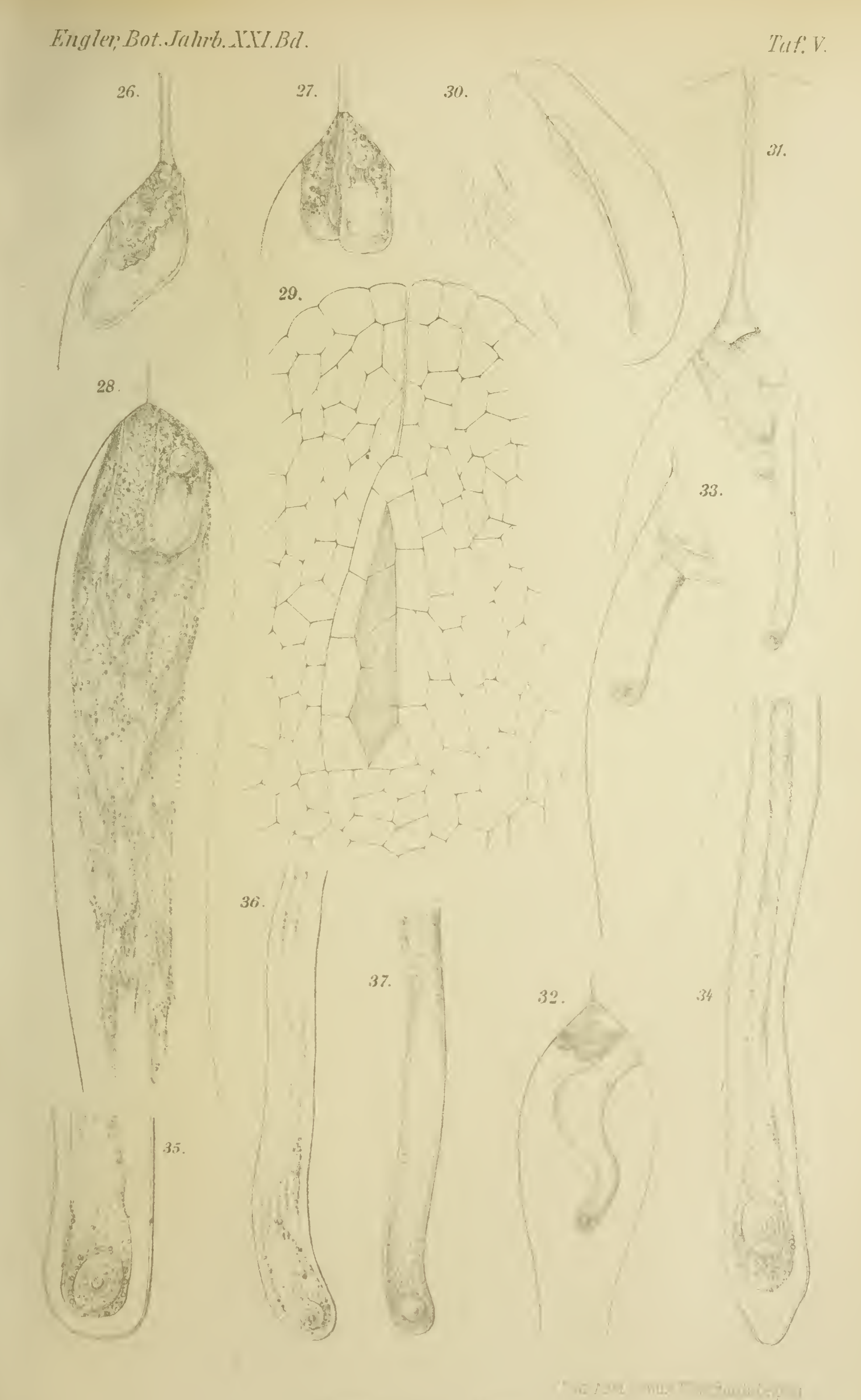
Fig. 44, 48, 54, 55, 57. Längsschnitte von reifenden Samen mit Embryonen; Fig. 57 (+ 11), Fig. 44, 48, 54 u. 55 (+ 10).

1) Die hinter den Figuren eingeklammerten Ziffern geben die diametralen Vergrößerungen an.

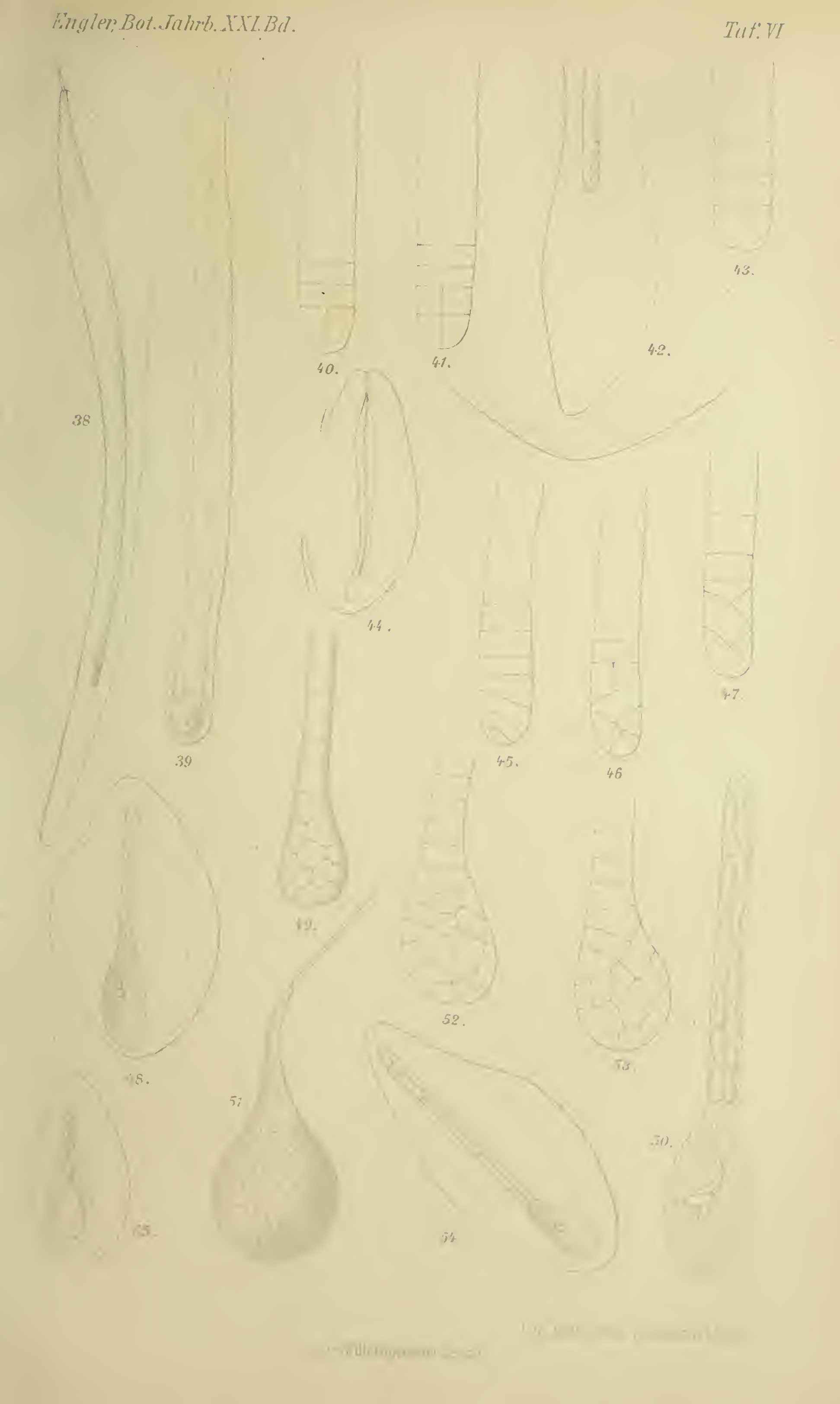
Fig. 49, 51. Keimkugeln mit Träger, von oben gesehen (+ 415).
Fig. 58. Beinahe völlig entwickelter Keim, von oben gesehen (+ 11).
Fig. 59. Anormaler junger Keim mit 3 Kotyledonen, von oben gesehen (+ 11).
Fig. 60. Keim mit Träger im optischen Längsschnitte (+ 76).
Fig. 61. Medianer Längsdurchschnitt durch den untersten Teil eines reifenden Samens (+ 90).
Fig. 62. Keimträger mit Stärke und Öl, nach Behandlung mit Jodiumtinctur, im Längsdurchschnitt (+ 530).
Fig. 63. Keim wie Fig. 60, nach Behandlung mit concentrierter Schwefelsäure; einigermaßen schematisch (+ 76).
Fig. 64. Eine der obersten Zellen von dem Keimträger eines ziemlich alten Keimes, nach Behandlung mit Chlorzinkjodium, im optischen Längsschnitt (+ 900).
Fig. 65. Keim mit Träger nach Behandlung mit Kaliumhydroxyd; Längsschnitt (+ 76).
Fig. 66. Epidermale Zelle des zu Fig. 64 gehörigen Embryo nach Behandlung mit Chlorzinkjodium; die Cuticula ist dunkel gezeichnet (+ 586).
Fig. 67—69. Drei Embryoträger, deren einer mit der Embryokugel gezeichnet ist. Fig. 68 u. 69 sind seltene anormale Exemplare, Fig. 67 eine allgemein vorkommende Form. Fig. 67 u. 69 (+ 153), Fig. 68 (+ 76).
Fig. 70. Reifer Samen im Längsschnitt (+ 11).
Fig. 71. Optischer medianer Längsschnitt vom Wurzelende des Keimes (+ 200).
Fig. 72. Keimkugel und Träger mit in Alkohol contrahiertem Protoplasma und Stärke nach Behandlung mit Jodkalium, Seitenansicht (+ 339).
Fig. 73. Längsschnitt des unteren Teiles eines jungen, reifenden Samens mit Keim und 2 Sorten von Endosperm, nach Behandlung mit Überosmiumsäure (+ 120).
Fig. 74. Der Keim von Fig. 73 und ein Teil des Keimträgers, unter stärkerer Vergrößerung (+ 339).
Fig. 75. Anormaler Embryoträger eines beinahe völlig entwickelten Keimes im Längsschnitt und von oben gesehen; nur ein kleiner Teil des Wurzelendes vom Keime ist dabei sichtbar (+ 11).
Fig. 76. Keimträger mit einigen noch nicht verwachsenen blasenförmigen Zellen am Unterendosperm; der Inhalt der Trägerzellen ist weggelassen (+ 415).
Fig. 77. Embryoträger eines ziemlich alten Keimes mit functionierenden Saugblasen, von oben gesehen (+ 415).
Fig. 78. Keim und Keimträger mit functionierenden Saugblasen, von oben gesehen; der Zelleninhalt ist weggelassen (+ 90).
Fig. 79. Optischer Längsschnitt der obersten Zellen eines sehr alten Keimträgers, wovon der Inhalt nicht gezeichnet ist (+ 530).
Fig. 80. Oberteil eines sehr alten Keimträgers mit in Alkohol contrahiertem Protoplasma und verschleimten Zwischenabteilungen (+ 530).
Fig. 81. Keimträger mit leeren, eingeschrumpften Saugblasen eines beinahe völlig entwickelten Keimes, von oben gesehen; der Inhalt der Trägerzellen ist weggelassen (+ 175).
Fig. 82. Befestigung einer Saugblase auf einer Keimträgerzelle im optischen Längsschnitt; der Zellinhalt ist weggelassen (+ 530).
Fig. 83. Vier scheinbar mit einander verbundene Zellprotoplasten des in Fig. 80 abgebildeten Keimträgers, nachdem dieser mit concentrierter Schwefelsäure behandelt wurde; optischer Längsschnitt (+ 900).
Fig. 84—89. Schematische Abbildungen der Verbreitung von Stärke, Glykose, fettem Öl und Eiweiß. Dieselben sind nach einer großen Anzahl mit Hülfe der Camera lucida gemachten Skizzen angefertigt und zeigen somit das Mittelmaß einer großen Anzahl Beobachtungen.

Stärke und Glykose sind durch Punkte, fettes Öl durch kleine Ringe gekennzeichnet und deutet eine größere Dichtheit der Ringe resp. Punkte eine größere Menge dieser Nahrungsstoffe an.

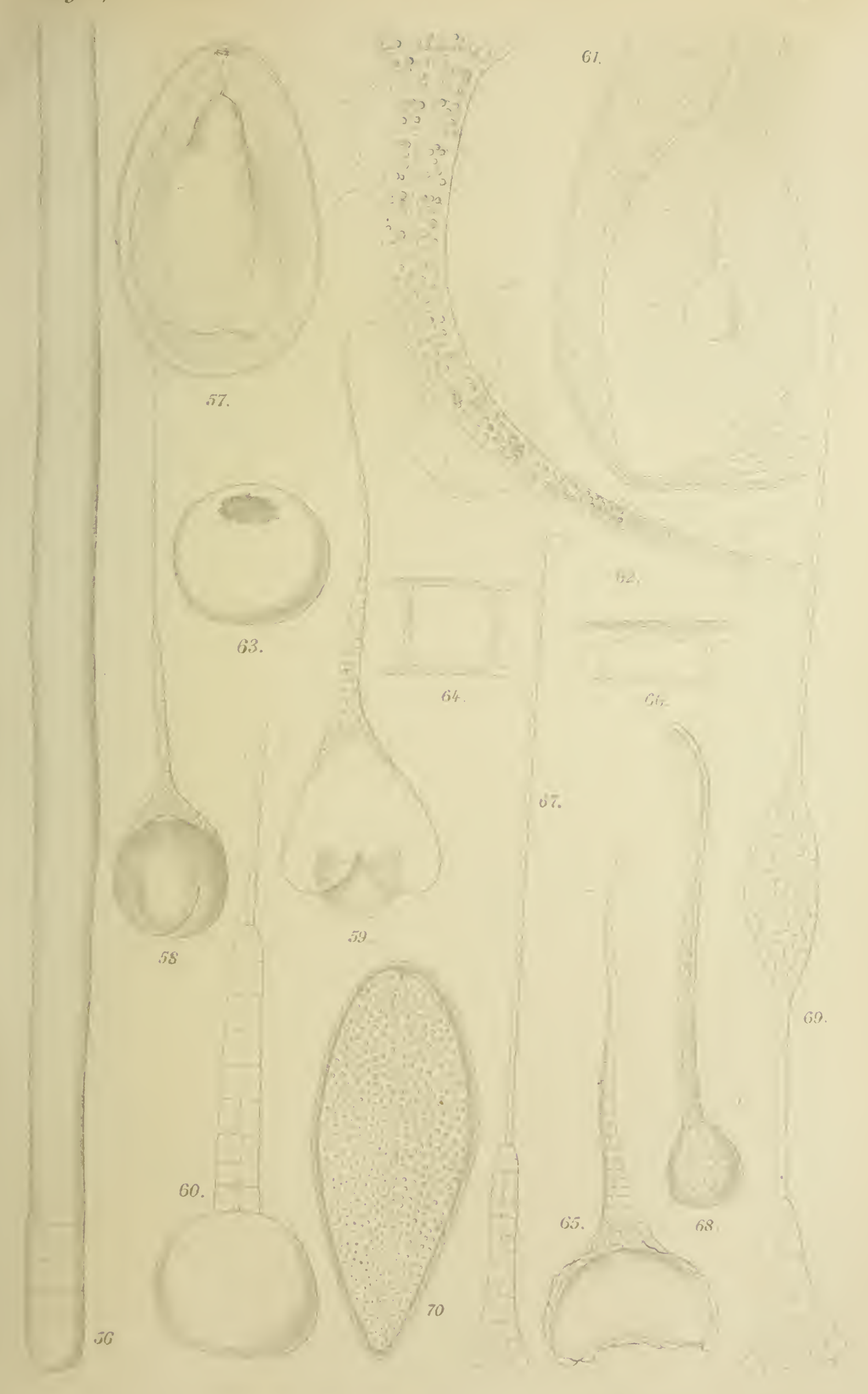

1.
2.
3.
4.
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14.
15.
16
17.
18.
19.
20
21.
22.
23.
24.
25.

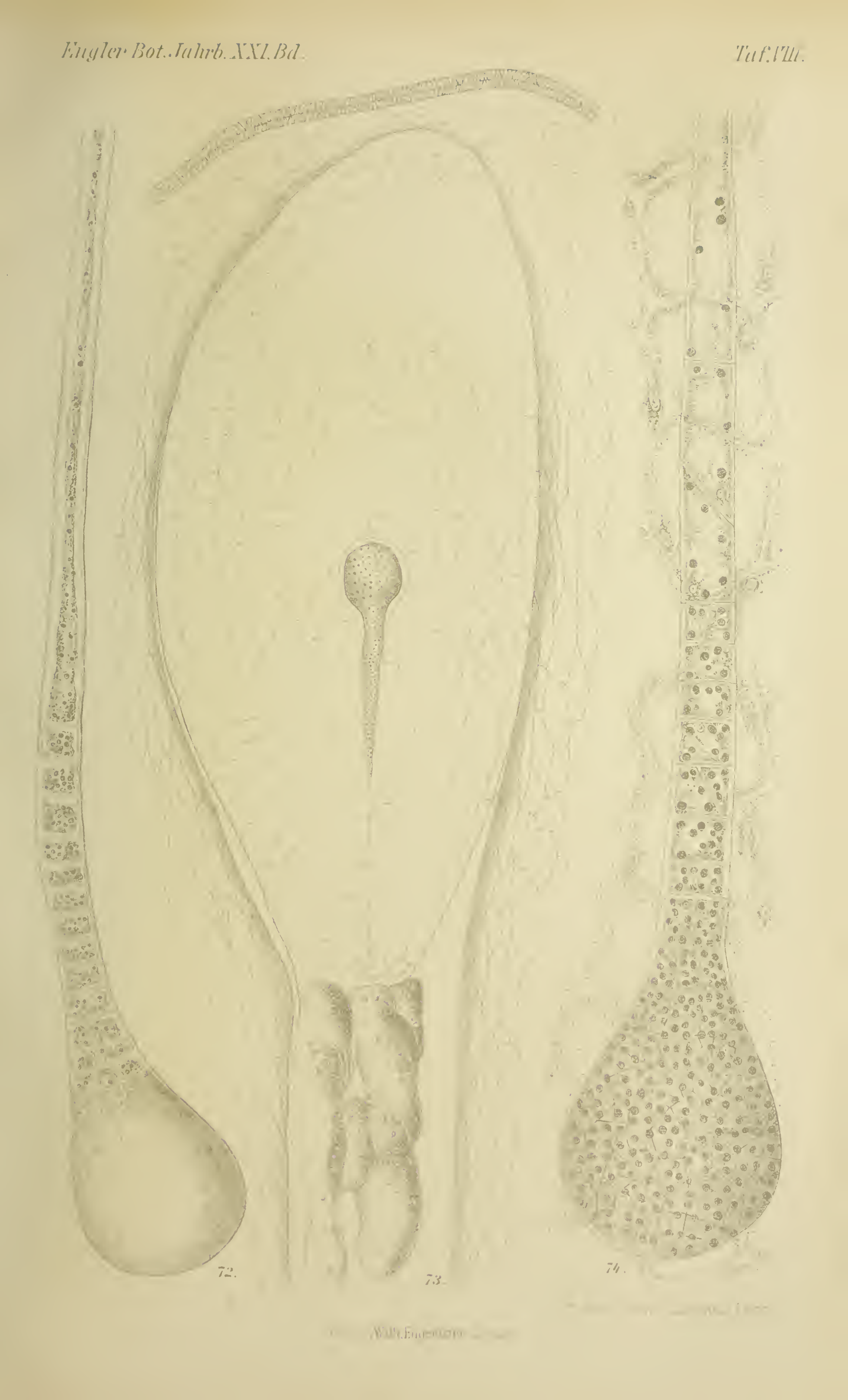


Wilh. Engelmann


38
39
40.
41.
42.
43.
44.
45.
46
47.
48.
49.
50.
51
52.
53.
54
55.




61.
57.
63.
64.
62.
66.
67.
59.
58
69.
60.
70
65.
68.
56


72.
73.
74.


75.
76.
77.
78.
79.
80.
71.



Wilh. Engelmann